

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164930

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 11-331422

(71)Applicant : AGILENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 22.11.1999

(72)Inventor : STEIGERWALD DANIEL A
RUDAZ SERGE L
STEVEN D LESTER
MARTIN PAUL S
IMLER WILLIAM R
FLETCHER ROBERT M
KISH JR FRED A
MARANOWSKI STEVEN A

(30)Priority

Priority number : 98 196928

Priority date : 20.11.1998

Priority country : US

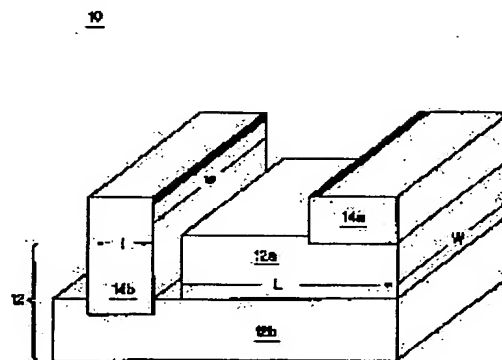
(54) ELECTRODE STRUCTURE FOR LIGHT EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase average light intensity by varying the shortest distance between the inside outlines of a (p) electrode and an (n) electrode within a specific ratio for the average distance between the two electrodes and setting the length of one electrode at a specific ratio or above to the length of the side of a light emitting device and setting the light intensity of one region at less than a specific ratio.

SOLUTION: This device is provided with two electrodes 14a, 14b, one of which is electrically connected to a p-type semiconductor layer 12a, and the other is electrically connected to an n-type semiconductor layer 12b. The shortest distance between the inside outlines of the electrodes 14a, 14b at an arbitrary point varies between +35% and +150% of the average distance between the two electrodes 14a, 14b. The length of at least one of the electrodes 14a, 14b is at least 65% of the length of a side of the light-emitting device.

Moreover, the ratio of light intensity related to the uniformity of light in one region is set at less than 3.0 at an average current density of 30 A/cm² or above. Thereby, the average light intensity of the device can be increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A heterojunction within said device structure which is a luminescence device and contains the device structure, and a p type semiconductor layer and an n type semiconductor layer (12), One side was electrically connected to said p type semiconductor layer, and another side was electrically connected to said n type semiconductor layer. Have two electrodes (14a, 14b), and the minimum distance between inside outlines of said electrode in a point of arbitration It changes within +35% - +150% of an average of this inter-electrode distance. One [at least] length of said two electrodes Are 65% or more of the length of one flank of this luminescence device, and an optical intensity ratio about the homogeneity of light of at least one field A luminescence device whose optical intensity ratio about the homogeneity of this light it is less than 3.0 in two or more 30 A/cm average current density, and is what is specified as a ratio of the maximum partial light reinforcement I_{max} and average light reinforcement I_{ave} .

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the homogeneity of luminescence of these devices, and an improvement of area effectiveness about the field of a luminescence device.

[0002]

[Description of the Prior Art] The AlInGaN luminescence device (LED) of marketing which demonstrates the most excellent engine performance is grown up on an insulating substrate like sapphire. An electrode and its connection pad are usually arranged in the upper part of the AlInGaN semiconductor layer of a device.

[0003] Current is sent into LED through the external terminal combined with the connection pad working by wirebonding (a ball or wedge), soldering, or installation by electroconductive glue. p electrode and n electrode make each semiconductor layer pour in and diffuse current. When current crosses the p-n junction section, it flows to the forward direction and the recombination of a minority carrier arises in this p-n junction section by this, light occurs. Luminous-intensity I emitted from a device under a typical operating condition is proportional to the current per current density J, i.e., an unit area. About the given current density J, the optical reinforcement I generated by LED will increase, so that the area of the p-n junction section is large.

[0004] The p type semiconductor layer of an AlInGaN material system has resistance far stronger than an n type semiconductor layer. As the result, the current poured in from p electrode is not spread in the side within a p type semiconductor, and it is not separated and spread from p electrode to the side. Current flows from p electrode to an n type semiconductor layer in accordance with the shortest path (namely, usually perpendicular direction) which crosses p-n junction. Subsequently, current is diffused in the side within an n type semiconductor layer, and reaches n electrode.

[0005] In order to make a luminescence field into the maximum, current must cross as many portions of p-n connection as possible, and it must flow. Therefore, current must spread in the side over the biggest possible portion of the surface of p form. The breadth of the current to the side can be improved by covering the great portion of p form surface with p electrode. for this reason, p electrode -- a connection pad -- the whole -- or it is covered partially.

[0006] The connection pad must have the thickness which is conducting current so that electric functionality may be offered, and fulfills mechanical functionality. As a result, a connection pad is usually a metal. The metal connection pad which has required thickness is opaque. This is not common although the bonding pad which consists of transparent conductive oxides, such as ITO (indium stannic-acid ghost), was also used.

[0007] The great portion of commercial AlInGaN LED extracts the light generated within the device through p layers. These devices are equipped with the compound p electrode (it is a thin translucent material for wrap current diffusion etc. for example, in the great portion of p surface), and the thick opaque connection pad which enables connection reliable as a commercial product although only few possible portions cover this thin p electrode. In order to make surface area of p form into the maximum, n electrode is also produced small. The great

portion of emission light generated in the p-n junction section is leaked from a device through the portion which is not covered with a connection pad among translucent p electrodes.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] According to the instruction in U.S. Pat. No. 5,563,422, such as Nakamura, n connection pad and p connection pad should be made counterpose or arranged in the opposite direction to the corner of a device, as shown in drawing 1. After the current which flows in a perpendicular direction lower part from the field of p electrode contiguous to p connection pad to n layers passes p-n junction perpendicularly, it must cross the inside of an n type semiconductor layer covering quite long horizontal distance, and must reach n electrode. On the other hand, the current which flows in a perpendicular direction lower part from the field of p electrode contiguous to n connection pad to n layers crosses an n type semiconductor layer covering few horizontal distance, and should just reach n electrode. When this distance becomes long, most quantity of series resistance will be added in n form layer to the former current path, and the edge of thin p electrode will be washed by current around n contact section as the result. Since the most direct current path between two connection pads is overemphasized more strongly than what kind of other paths (path following the edge of a device etc.), current will crowd between these connection pads. The heterogeneity of current density becomes large as average current density becomes high. This is because the resistance voltage drop in an n type semiconductor layer increases. As the heterogeneity of this current density is shown in drawing 2, the heterogeneity of the optical reinforcement corresponding to it is produced. the degree of the heterogeneity of current density -- the ratio of the maximum local current density J_{max} and the average current density J_{ave} -- it is shown by r . this ratio -- the ratio of the maximum partial light reinforcement I_{max} and the average light reinforcement I_{ave} -- it is possible to estimate by measuring R . This is because optical reinforcement is proportional to current density about the 1st approximation. Generally this measurement is performed by performing IMEJINGU of LED by which bias was carried out on myopia field conditions (near field condition) using optical equipment. drawing 2 shows -- as -- a ratio -- R will become very high.

[0009] Especially, when average current density is high, and when the size of LED is large, the heterogeneity of current density becomes optical and something related to deterioration of an electrical order of LED. AlInGaN LED originates in the mechanism of the luminescence, and it shows the property that luminous efficiency falls as average current density becomes high. For this reason, when current density is uneven, the active region where synthetic optical effectiveness is low will be generated. Furthermore, since irreversible deterioration of luminous efficiency increases as current density becomes high, if current density is uneven, an overall deterioration speed will speed up (this is the serious concerns for LED of marketing which depends for commercial importance on low deterioration speed).

[0010] Another defect of the advanced technology is a point that originate in an electrode configuration and the use effectiveness of the substrate field as a luminescent material gets worse. About the given average current density J , the average light reinforcement I generated by LED becomes high, so that a p-n junction field is large.

[0011]

[Means for Solving the Problem] A luminescence device which has improved electrode structure is equipped with an active region. This active region, for example, a heterojunction, is equipped with p form layer and n form layer. n electrode is electrically connected to n form layer, and, on the other hand, p electrode is electrically connected to p form layer. It is fabricated and p electrode and n electrode are arranged so that a portion which offers uniform current density working and is used for luminescence among device fields may be optimized. Less than three, if a ratio of the maximum local current density J_{max} and the average current density J_{ave} becomes 1.5 to less than two suitably, it will reach uniform current density. Uniform current density is measured by ratio of the maximum partial light reinforcement I_{max} and the average light reinforcement I_{ave} in a luminescence field.

[0012] Improved electrode structure is realized by combining and changing three parameters separately. The element is a configuration of a device, a configuration of an electrode, and the

location of an electrode. A device can be considered as a globular form or a semi-sphere, or can be considered as a pure pillar-shaped object which has the cross section of a polygon, circular, an ellipse form, or an ellipse. Each electrode can be formed in round configurations, such as a polygon or a round shape. It is also possible to form two or more fields which segment at least one side of the two electrodes, and have uniform current density in alternative. As for inter-electrode mean distance, it is desirable that it is under the length of n electrode and p electrode.

[0013] Improved electrode structure improves the "area utilization factor" A. This area utilization factor A is defined as a ratio of area of the luminescence p-n junction section, and the gross area A_{tot} of a device. Therefore, improved this electrode structure enables it to increase the average light reinforcement I_{ave} in a luminescence field about the given average current density J_{ave} and the given device cross section.

[0014]

[Embodiment of the Invention] By this invention, it is defined as the "area utilization factor" of the surface (upper part or back) of a light emitting device (LED) being the ratio A of the p-n junction section (namely, luminescence field) (area ?) and the gross area of a substrate. Luminescence reinforcement increases [value / of a given substrate area] in proportion to said ratio A about given average current density. Since a manufacturing cost is mainly proportional to the substrate area of LED, it is advantageous to make the area utilization factor A into the maximum.

[0015] LED (it usually has only one connection pad per surface) of marketing of a non-AlInGaN material system is equipped with typical value $A=1.0$ of an area utilization factor. Conventional AlInGaN LED, for example, AlInGaNLED to which both connection pads exist on the same surface, has the area utilization factor value of a range called $A=0.25-0.50$. The size of a connection pad will be limited to 0.075×10^{-3} to 0.2×10^{-3} cm² by the constraint on manufacture. A corresponding to it also becomes large, so that A_{tot} is large, when two or more given connection pads are prepared on the 1 surface. about A_{tot} of the same range, without receiving increase of the manufacturing cost accompanying expansion of A_{tot} , namely, -- it is more desirable to make it become high rather than the area utilization factor A about an AlInGaN device is acquired by the advanced technology.

[0016] the improved electrode structure -- three parameters -- each -- or it realizes by combining and changing. The element is the configuration of a substrate, the configuration of an electrode, and the location of an electrode. A substrate can be considered as a globular form and a semi-sphere, or (for example, it has polygons, such as a rectangle, a square quadrilateral, a hexagon, or a triangle, or the cross section chosen from circular and a group including an ellipse form) pure pillar-shaped object. Each electrode can be formed as a thing of polygons (for example, a rectangle, a parallelogram, a triangle, etc.), ***** combined mutually, or roundish configurations (for example, circular, an ellipse, the square with which the angle was rounded off). It is also possible to segment at least one side of two electrodes, and to form in alternative, two or more fields where current density is uniform. As for inter-electrode mean distance, it is desirable that it is shorter than the length of n electrode and p electrode.

[0017] In order to illustrate the principle at the time of actuation, the p type semiconductor material shall have the uniform resistivity ρ , width of face W, and thickness t. Sheet resistance R_{**} is defined as ρ/t . Current is poured in into a material from two rectangle electrodes. The electrode has width of face w and length l. As for the electrode, only width of face s ($s \leq (L-2l)$) is separated. The flow of current is uniform. When the minimum distance s is kept constant about the point of arbitration which met the inside outline of which electrode, it is possible to attain the homogeneity of the same flow as the above in a much more complicated configuration. The resistance R to the flow of the current in inter-electrode [two] is $R=R_{**}s/w$ which can be expressed as follows. (1)

In this type 1, total resistance R is decided by sheet resistance R_{**} and the geometry (s, w) of an electrode. If total resistance R shortest-izes distance s and width of face w is longest-ized, it will become the minimum. Before recombining with the electron hole poured in from p contact, the distance in which an electron crosses the inside of an n type semiconductor horizontally

becomes still shorter. According to this invention, the distance which a carrier crosses is shortened and this distance becomes the same over the whole electrode. While the series resistance of a device is reduced and a synthetic electrical property is improved by compaction of this distance, local current density becomes homogeneity by keeping this distance almost constant. An electrode should approach as much as possible and each other should be arranged. In order that this inter-electrode distance may extend current to homogeneity preferably [covering most edges of a device] as for these electrodes, it should make homogeneity as much as possible, and by this, an advantage will be acquired about an electric action, the action on luminescence, and a reliable action so that it may mention later.

[0018] An electrode is the conductive layer electrically connected to the semiconductor material. A simple electrode (simple electrode) is the equipotential surface at the time of actuation, for example, the voltage becomes the same in every point of the surface. There are some which need a composite electrode depending on a device. In order to diffuse current and to extract light, the further, very thin translucent conductive layer (for example, 0.2 micrometers or less) (typically, it connects with p dope layer and the still thicker electrode, or p connection pad of high resistivity electrically) can be included by the composite electrode (compound electrode). Although this thin ***** is also an electrode, that it is not the equipotential surface in many cases, it has high resistivity and the difference of remarkable voltage arises between the points of some on the surface.

[0019] LED of this invention is illustrated by drawing 3. LED10 is equipped with the active region 12 on the substrate (not shown) of optional selection. The active region 12, for example, the heterojunction section, has p type semiconductor layer 12a and n type semiconductor layer 12b. p electrode 14a and n electrode 14b are electrically connected to the semiconductor layer which corresponds, respectively. p electrode 14a and n electrode 14b are fabricated and arranged so that uniform current density may be offered at the time of actuation. A thick wire emphasizes the inside outline of these two electrodes. This device structure is equipped with the substrate of optional selection, the active region, and the electrode. When the ratio of the maximum partial light reinforcement I_{max} and the average light reinforcement I_{ave} is less than three (1.5 to less than [Suitably] 2), uniform current density is obtained.

[0020] In the case of a simple electrode, it is desirable for the minimum distance between the inside outlines of the electrode in the point of arbitration to be $+35\%$ – less than 150% of the mean distance between the inside outlines of this electrode. Moreover, in the case of a composite electrode, it is desirable for the minimum distance between the inside outlines of the connection pad in the point of arbitration to be less than $**35\%$ of the mean distance between the inside outlines of this connection pad, and for the inter-electrode minimum distance in the point of arbitration to be this $+35\%$ – less than 150% of inter-electrode mean distance.

[0021] These performance indices were drawn as follows. Average human being's eyes will identify the difference of the light on the strength easily, if fluctuation of optical reinforcement crosses 3 times when the photoreceptor assumes that it is what is not saturated with optical reinforcement. If it is an eye with the discernment force, fluctuation of twice as many optical reinforcement as this can also identify the difference of the light on the strength. If this fluctuation becomes less than 1.5, human being's eyes cannot identify the difference of optical reinforcement. Although the case where the intensity ratio (light uniformity intensity ratio) (an optical intensity ratio is called hereafter) about the homogeneity of light exceeds 3 is shown in drawing 2 (advanced technology), the case where an optical intensity ratio is less than three is illustrated in consecutive drawing, and almost all those cases are less than 1.5.

[0022] In the embodiment of this invention shown in drawing 3 – drawing 8 E, the shortest length of an electrode is 75% of the length of the device flank by which this electrode is arranged. The maximum departure of the distance between the inside outlines of a connection pad is $**35\%$. The maximum departure from the mean distance s between the inside outlines of p electrode and n electrode is $**20\%$. When average current density was 50 A/cm², there was nothing that shows the optical intensity ratio exceeding 2 in the device produced as the result according to the subset of the embodiment shown in drawing 3 – drawing 8 H.

[0023] Drawing 4 A and 4B show the embodiment of this invention. A device is a pure pillar-

shaped object which has the polygonal cross section. p electrode and n electrode have at least 65% of length of a length of at least two sides of this polygon. In the case of an ellipse device, at least one side of two electrodes has 25% or more of length of the circumference length of this device. An electrode can also be made any of a simple electrode and a composite electrode. The mutually parallel thing of the inner circumference side of an electrode is desirable. As for said polygon, it is desirable that they are a square, a hexagon, an octagon, a rectangle, or a parallelogram.

[0024] The uniform current of the gross area of a device flowed to one third at least, and even when the worst, in order to ensure by this that an optical intensity ratio becomes less than three, 65% of performance index was chosen. By the same reason as this, **35% of performance index was chosen about the deflection from the mean distance between the connection pads of a composite electrode.

[0025] The alternative embodiment which has a composite electrode is shown in drawing 5 A-B. The connection pad of this composite electrode fits wirebonding, such as ball bonding or wedge bonding, soldering, or installation by electric conduction data medium. In order that an electrode may increase the size of the luminescence field between connection pads, the taper is attached as it separates from a connection pad field. In the case of the embodiment shown in drawing 5 B, the length of the inner circumference of an electrode is longer than inter-electrode mean distance. According to this structure, the electric resistance of a device becomes small.

[0026] Drawing 6 A and drawing 6 B illustrate the myopia field optical microscope photograph of LED shown in drawing 5 A and drawing 5 B when forward bias is carried out with 50mA current. Uniform reinforcement exists over the luminescence field of a device. Unlike drawing 2, the current which crowds near [two / inter-electrode] the gap is not accepted, and the difference of the optical reinforcement in the field covered with the thin electrode is not accepted, either.

[0027] Drawing 7 compares the I-V curve about LED shown in drawing 1 and drawing 5 A and drawing 5 B. Drawing 1 supports "the conventional LED." Drawing 5 A corresponds to "an embodiment 1", and drawing 5 B supports "the embodiment 2." Two AlInGaN wafers are divided into one half. The half-wafer which makes one group was manufactured according to the device by drawing 1, and the half-wafer which makes another group was manufactured according to the device shown in drawing 5 A and drawing 5 B. Each of those devices have same gross area called about 1.2×10^{-3} . In the both sides of wafer division, the typical I-V curve is shown about the device chosen so that it might approach as much as possible mutually. Drive current If is shown in the y-axis, and the x axis shows driver voltage Vf to it. The inclination of the curve at the time of a high current is mostly in inverse proportion to the series resistance of a device. AlInGaN according to drawing 5 A and drawing 5 B in drawing 7 Reduction of the series resistance of LED is shown. These devices have series resistance lower about 10% (in the case of "an embodiment 1" $RS=19.9\text{ohms}$) to 20% (in the case of "an embodiment 2" $RS=17.3\text{ohms}$) than the conventional chip ($RS=21.3\text{ohm}$), and other the growth of all and manufacture parameters are equals. By the improvement of this series resistance, when drive current is 50mA, the gain of 0.2-0.3V is acquired by operating voltage, and in the case of the device by drawing 5 A and drawing 5 B, the average voltage which matches the average voltage of the device by the advanced technology of drawing 1 driven by 20mA in that current arises. Since it is shorter than the length of this electrode for whether your being Haruka, the much more good electric engine performance of "an embodiment 2" is expected for the separation of an electrode. If drive current increases, the improvement of the driver voltage by reduction of RS will become still more dramatic. Moreover, although the effect by RS will become small if drive current decreases, the improvement of Vf is still accepted with the homogeneity of local current density. In the case of the device of drawing 5 A and drawing 5 B, the forward voltage of 3.25V was measured with 20mA drive current, but in the case of the device of drawing 1, 3.4V were measured.

[0028] In 1 more set of same experiments conducted with the AlInGaN material grown up into later, 1 set of same data and the same conclusion were obtained. About the device shown in drawing 5 A, drawing 5 B, and drawing 1, it is 20mA forward direction drive current, and the average of 3.05V, 2.85V, and 3.35V was acquired, respectively. Moreover, the average of 3.65V,

3.35V, and 4.15V was acquired with 50mA forward direction drive current, respectively about the device shown in drawing 5 A, drawing 5 B, and drawing 1 .

[0029] In the case of the device ($A_{tot}=1.2 \times 10^{-3} \text{cm}^2$) of drawing 5 A, an "area utilization factor" is computed as it is 60%. This is the improvement to the device manufactured in the geometrical configuration which generally presents 25 – 50% of area utilization factor A about the same A_{tot} value, and which is shown in drawing 1 . The device shown in drawing 5 A and drawing 5 B is manufactured with the standard semiconductor production technology of having been suitable for mass production method. Improving is possible by the area utilization factor's A forming the arm of the shape of a taper which narrowed width of face, and reducing the field of a connection pad, and using still severer tolerance. Although the embodiment shown in drawing 5 A and drawing 5 B is shown as a device which gave wirebonding, a device can also be manufactured with a flip chip configuration.

[0030] Drawing 8 A–H shows the alternative embodiment of this invention. An electrode can be considered as a simple electrode or a composite electrode. Current density is controlled for each embodiment by the cross section of a device. In drawing 8 A, a cross section is a parallelogram. Cross sections are round configurations [case / of drawing 8 B], such as for example, an ellipse form, circular, or a globular form. In the case of drawing 8 C, a cross section is a hexagon. It is a polygon with a cross section irregular in the case of drawing 8 D. A cross section is the parallelogram equipped with the connection pad with which the taper was attached in drawing 8 E. In these drawing 8 A – 8E, the inside outline of an electrode is mutually parallel, but it is not necessarily parallel to the flank of the cross section of a device.

[0031] In drawing 8 F, the cross section is a hexagon and is equipped with at least one composite electrode. The connection pad of this composite electrode is arranged near the angle of a hexagon. Drawing 8 G shows the alternative embodiment of the device shown in drawing 8 F. the polygon in which the cross section has seven or the eight sides or more -- or it is alternatively [optionally] possible an ellipse form or to suppose that it is circular. Drawing 8 H shows the alternative embodiment of the device shown in drawing 8 F. The cross section is a polygon which has five or the four sides or less. In the case of drawing 8 F–8H, the inside electrode is almost parallel mutually, but it is not parallel to the flank of the cross section.

[0032] Drawing 3 – drawing 8 show the embodiment which makes the optical on-the-strength homogeneity ratio list accompanying the current density homogeneity ratio and it which have two or less value produce 50% or more of area utilization factor about a less than two 2×10 to 3 cm gross area. When the cross sections are two or more 1×10 to 3 cm, the embodiment shown below produces a still lower homogeneous ratio and a still higher area utilization factor.

[0033] The embodiment which the connection pad is attached in drawing 9 , and surrounded the three sides of the perimeter of a substrate, and was connected to the n type semiconductor layer, which has the composite electrode and which the cross section equipped with the substrate whose size is $2.03 \times 0.4 \text{mm}$ with the rectangle is shown. This n electrode is an outside or an envelopment electrode equipped with the cloth beam which connects two outside arms, the inside arm of N individual ($N \geq 0$), and said two outside arms and inside arm of said N individual. The lobe of an outside arm surrounds at least 75% of a luminescence field (suitably 100%). The 2nd composite electrode is connected to the p type semiconductor layer. This composite electrode consists of the translucent metal layers and connection pads for diffusing current over most luminescence fields. The connection pad in this embodiment can give wirebonding with a diameter of about 0.1mm. The luminescence field is completely surrounded in the lobe of an outside arm.

[0034] With an outside or an envelopment electrode, the homogeneity of current density improves and the series resistance of a device becomes small. Drawing 10 shows the cross section of LED of drawing 9 . Since two independent paths to which current flows by the arm of a ground electrode are offered, the homogeneity of current is improved when average current density falls effectively. Furthermore, the mean distance by which current must move the inside of an n type semiconductor layer to the side leads to reduction of the series resistance of a luminescence device. Drawing 11 compares an I–V curve with the device by the advanced technology shown in the device shown in drawing 9 , and drawing 1 . The device of drawing 9

presents sharp reduction of the series resistance specified by the fall of the operating voltage defined as a device as voltage required to pour in 20mA in the forward direction, and the inclination relation of an I-V curve. In the case of the device of drawing 9, forward voltage and the value of series resistance are 2.86V and 9.6ohm, and, in the case of the device produced according to drawing 1, are 3.19V and 21.6ohm. The homogeneous improvement of current density is proved by drawing 12 A and drawing 12 B. This drawing shows the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 9 when forward bias is carried out to 50mA and 200mA. The heterogeneity of identifiable luminescence reinforcement is not indicated by contrast to be the same microphotography shown in drawing 2 about the device of drawing 1 to these drawings.

[0035] In the case of the device of drawing 9, an area utilization factor is computed as it is 55%, and it improves considerably as compared with the device of drawing 1. The device shown in drawing 9 is manufactured by the standard semiconductor production technology of having been suitable for mass production method. An area utilization factor can be sharply improved by forming an arm with more narrow width of face, and using severer tolerance. Although the embodiment of drawing 9 is shown as a device which gave wirebonding, LED can be manufactured with a flip chip configuration. It is possible for the purpose of this invention that an arm is the electrode to which the single electrode of the configuration of arbitration or plurality was connected.

[0036] The size is equipped with the 1st composite electrode which has two connection pads, while drawing 13 shows the alternative-embodiment of this invention which has the substrate of 2 1.0x1.0mm with a square, this substrate surrounds three sides of the perimeter and a cross section is connected to an n type semiconductor layer. The 2nd composite electrode is connected to the p type semiconductor layer. This 2nd composite electrode consists of a translucent metal layer for diffusing current over most luminescence fields, and two connection pads. This connection pad means wirebonding and has the diameter of about 0.1mm. Two or more connection pads are connected to two electrodes for [for redundancy] actuation by the big operating current. The luminescence field is completely surrounded in the lobe of the arm of a ground electrode. This outside envelopment electrode improves the homogeneity of current density, and serves to reduce the series resistance of LED.

[0037] Drawing 14 shows the fragmentary sectional view of LED of drawing 13. Since two independent paths to which current flows are acquired by the arm of a ground electrode, the homogeneity of current is improved when average current density falls effectively. The series resistance of LED decreases by compaction of the mean distance by which current must move the inside of an n type semiconductor layer to the side. Moreover, an additional path is formed of two or more parallel arms, and, thereby, the series resistance of LED decreases further by them.

[0038] Drawing 15 is a graph which shows the I-V relation about the device shown in drawing 13 which presents the operating voltage of 2.92V, and 1.2-ohm series resistance by 240mA forward current. The homogeneity of current density is proved in drawing 16 which is a myopia field optical microscope photograph about a part of luminescence field which operates by 500mA forward current. - it is clear that the heterogeneity of the reinforcement which can be recognized does not exist in luminescence with this current corresponding to the current density of 70 A/cm².

[0039] If the area utilization factor of this LED of 1x1mm² shown in drawing 13 is calculated, it will become 74%. This device is manufactured by the standard semiconductor manufacturing technology suitable for mass production method. An area utilization factor can be sharply improved by forming an arm with still narrower width of face, and using still severer tolerance. Although the embodiment shown in drawing 13 is shown as a device with which wirebonding was given, LED can be manufactured with a flip chip configuration.

[0040] Although the embodiment shown in details by drawing 9 and drawing 13 is shown about specific substrate size and a specific configuration, it can also produce extensive LED according to the present production capacity using the consideration on an easy process and layout. The alternative-embodiment of this invention is shown in drawing 17 A and drawing 17 B.

[0041] Drawing 18 shows the device by this invention which has the 1st composite electrode which surrounded all the neighborhoods around a rectangle substrate completely, and was connected to the n type semiconductor layer. These n electrodes are called a ground electrode or a full envelopment electrode, and contain the single connection pad. Moreover, the 2nd composite electrode is connected to the p type semiconductor layer. These p electrodes consist of a translucent metal layer for making most luminescence fields diffuse rear-spring-supporter current, and a single connection pad. The connection pad in this embodiment means a bonding wire, and has the diameter of 0.1mm. The luminescence field is completely surrounded in the ground electrode. It is also possible to have two or more connection pads in other embodiments.

[0042] The homogeneity of current density is improved with this full envelopment ground electrode, and the series resistance of LED decreases. Drawing 19 is a graph which shows the I-V relation of the device of drawing 1 and drawing 18 about four different substrate sizes. Substrate sizes are 2, 0.50x0.50mm², 0.70x0.70mm², and 0.85x0.85mm² 0.35x0.35mm. All the devices of drawing 18 show series resistance sharply smaller than the device of the same size manufactured in the geometrical configuration which shows the fall of operating voltage with all the current exceeding 20mA, and is shown in drawing 1. 0.85x0.85mm, in the case of the device of drawing 18 by the substrate of 2, a value with a forward voltage of 200mA and the value of series resistance are set to 4.0V and 3.6ohm, and, in the case of the device of drawing 1 which has the same size as it, are set to 5.5V and 10ohm.

[0043] With the full envelopment ground electrode of drawing 18, the homogeneity of the current density of a device and the optical output which have the minimum substrate size are improved. Drawing 20 shows the optical output-current relation (P-I) about the device of drawing 1 and drawing 18 about four substrate sizes. All the devices were encapsulated by the epoxy package same type. When it exceeds 150mA, the device of the maximum magnitude of drawing 18 and the device of the big size to the degree emit the optical output clearly exceeding two devices of drawing 1 of the same magnitude as them. Increase of this optical output is based on the homogeneity of the current density of the device shown in drawing 18 improved as compared with the device of drawing 1. Drawing 21 A - 21C shows the alternative-embodiment of this invention. A lobe can be considered to be the electrode to which the single electrode or plurality which has the configuration of arbitration was connected for the purpose of this invention.

[0044] Drawing 22 A and 22B show the alternative embodiment of this invention equipped with two or more composite electrodes connected to the n type semiconductor. Each composite electrode is equipped with the arm for improving uniform current diffusion, and the connection pad attached in it. Two or more of these n electrodes are called the segmented ground electrode. The 2nd composite electrode is connected to the p type semiconductor layer. This 2nd composite electrode consists of a translucent metal layer which makes most luminescence fields diffuse current, and a single connection pad. This connection pad can give wirebonding and has the diameter of 0.1mm. The luminescence field is completely surrounded in the lobe of a ground electrode. While making into the minimum the nontransparent material to which the optical effectiveness of LED is reduced with the segmented ground electrode, the optimal current diffusion is obtained.

[0045] Drawing 23 A - 23D shows the alternative embodiment of this invention which has the luminescence field where plurality became independent on the same substrate, and this luminescence field is electrically connected in various modes so that extensive I-V relation may be offered. Metallic coating for connection (connecting metalization) can be manufactured with multistage manufacture (multiple level fabrication) technology. The geometrical configuration enables it to realize a device with the increment unit area (incremental unit area) of arbitration using the same wafer manufacture process.

[0046] The instantiation-embodiment which becomes below from the combination of the various requirements for a configuration of this invention is shown.

1. Heterojunction within Said Device Structure Which is Luminescence Device and Contains Device Structure, and P Type Semiconductor Layer and N Type Semiconductor Layer (12), One side was electrically connected to said p type semiconductor layer, and another side was

electrically connected to said n type semiconductor layer. Have two electrodes (14a, 14b), and the minimum distance between the inside outlines of said electrode in the point of arbitration It changes within +35% - +150% of the average of this inter-electrode distance. One [at least] length of said two electrodes Are 65% or more of the length of one flank of this luminescence device, and the optical intensity ratio about the homogeneity of the light of at least one field The luminescence device whose optical intensity ratio about the homogeneity of this light it is less than 3.0 in two or more 30 A/cm average current density, and is what is specified as a ratio of the maximum partial light reinforcement I_{max} and the average light reinforcement I_{ave} .

2. Luminescence device given in the preceding clause 1 said whose device structure is pure pillar-shaped object which has cross section and whose length of said two electrodes is 65% or more of length of one flank of said cross section.

3. Luminescence device given in the preceding clause 1 whose length of said two electrodes cross section of said device is polygon and is 65% or more of length of at least two sides of said polygon.

4. Luminescence device given [with the inside outline of said two electrodes parallel to the side of said polygon] in the preceding clause 3.

5. The inside outline of said two electrodes is a luminescence device given [parallel] in the preceding clause 3 mutually.

6. Luminescence device given in the preceding clause 3 chosen from group in whom said polygon contains square, hexagon, octagon, rectangle, trapezoid, and parallelogram.

7. Luminescence device given in the preceding clause 3 of said two electrodes to which taper is attached as it has wirebonding field (14a, 14b) and configuration of this electrode separates from said wirebonding field, respectively.

8. Light emitting diode given in the preceding clause 1 for which configuration of said cross section is chosen as from group containing circular, ellipse form, and ellipse, and at least one side of said two electrodes has 25% or more of length of circumference length of this device.

9. Luminescence device given in the preceding clause 1 chosen from group in whom said device structure contains globular form and semi-sphere.

10. A luminescence device given in the preceding clause 1 which is the envelopment electrode with which one side of said two electrodes (14a, 14b) has the configuration which surrounds 100% of a luminescence field.

11. A luminescence device given in the preceding clause 10 chosen from the group in whom the configuration of said envelopment electrode (14a, 14b) contains a rectangle, circular, a square, a parallelogram, an ellipse form, and an ellipse.

12. A luminescence device given in the preceding clause 10 in which the configuration of said envelopment electrode (14a, 14b) contains the lobe which acts so that current may be diffused in the semiconductor layer corresponding to them.

13. Luminescence device given in the preceding clause 1 equipped with two or more n electrodes and p electrodes (14a, 14b) which have been arranged so that a luminescence field may be surrounded, while demarcating the field connected electrically [Q ($Q \geq 2$) individual].

14. A luminescence device given in the preceding clause 13 to which said Q fields connected electrically are connected using multistage metallization (multilevel metalization).

15. A luminescence device given in the preceding clause 1 for which one side of said two electrodes (14a, 14b) equips with the cloth beam which connects two outside arms and the inside arm of N ($N \geq 0$) individual, and said two outside arms and inside arm of said N individual, and the lobe of said two outside arms surrounds 75% or more of a luminescence field.

16. A luminescence device given in the preceding clause 15 equipped with the connection pad (14a, 14b) arranged between said two outside arms and inside arms of said N individual.

17. A luminescence device given in the preceding clause 16 in which another side of said two electrodes (14a, 14b) is formed in the shape of [which has the tip of M ($M \geq 1$) individual] a fork.

18. A luminescence device given in the preceding clause 17 by which said M tips are arranged between said two outside arms and inside arms of said N individual.

19. A luminescence device given [with a fixed distance between the inside arm of said N

individual, and said M tips] in the preceding clause 18.

20. A luminescence device given in the preceding clause 17 for which the lobe of said two outside arms surrounds 100% of a luminescence field.

21. A luminescence device given in the preceding clause 1 whose area utilization factor specified as a ratio of the area of a luminescence field and the whole surface product of said device structure is at least 60% and whose area of said device structure is two or more [0.2mm].

22. A luminescence device given in the preceding clause 10 whose area utilization factor specified as a ratio of the area of a luminescence field and the whole surface product of said device structure is at least 60% and whose area of said device structure is two or more [0.2mm].

23. A luminescence device given in the preceding clause 15 whose area utilization factor specified as a ratio of the area of a luminescence field and the whole surface product of said device structure is at least 60% and whose area of said device structure is two or more [0.2mm].

24. A luminescence device given in the preceding clause 23 by which the connection pad is arranged between said two outside arms and inside arms of said N individual.

25. A luminescence device given in the preceding clause 23 in which another side of said two electrodes (14a, 14b) is formed in the shape of [which has the tip of M ($M > 1$) individual] a fork.

26. A luminescence device given in the preceding clause 25 by which said M tips are arranged between said two outside arms and inside arms of said N individual.

27. A luminescence device given [with a fixed distance between the inside arm of said N individual, and said M tips] in the preceding clause 26.

28. A luminescence device given in the preceding clause 25 for which the lobe of said two outside arms surrounds 100% of a luminescence field.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is explanatory drawing showing the conventional light emitting diode (LED).

[Drawing 2] It is drawing showing the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 1 by which forward bias was carried out by 50mA.

[Drawing 3] It is the perspective diagram showing LED of this invention.

[Drawing 4 A] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 4 B] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 5 A] It is drawing showing the example of this invention equipped with the connection pad field optimized about wirebonding.

[Drawing 5 B] It is drawing equipped with the connection pad field optimized about the bonding wire showing the example of this invention.

[Drawing 6 A] It is drawing showing the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 5 A by which forward bias was carried out by 50mA.

[Drawing 6 B] It is drawing showing the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 5 B by which forward bias was carried out by 50mA.

[Drawing 7] It is the graph which compared the I-V curve of LED shown in drawing 1 and drawing 5 A-B.

[Drawing 8 A] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 B] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 C] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 D] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 E] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 F] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 G] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 8 H] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 9] It is explanatory drawing showing the example of this invention equipped with the ground electrode.

[Drawing 10] It is explanatory drawing showing the flow of the current in LED of drawing 9 roughly.

[Drawing 11] It is the graph which compared the I-V curve about LED shown in drawing 1 and 9.

[Drawing 12 A] It is drawing showing the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 9 by which forward bias was carried out by 50mA.

[Drawing 12 B] It is drawing showing the myopia field optical microscope photograph of LED of drawing 9 by which forward bias was carried out by 200mA.

[Drawing 13] It is explanatory drawing showing an alternative example equipped with the ground electrode and inside electrode which were put together.

[Drawing 14] It is explanatory drawing showing roughly the flow of the current in this invention of drawing 13.

[Drawing 15] It is the graph which shows the I-V curve about LED shown in drawing 13.

[Drawing 16] It is drawing showing some myopia field optical microscope photographs of LED of drawing 13 by which forward bias was carried out by 500mA.

[Drawing 17 A] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 17 B] It is the perspective diagram showing the alternative example of this invention.

[Drawing 18] It is explanatory drawing showing an alternative example equipped with the ground electrode which surrounded the luminescence field completely.

[Drawing 19] It is the graph which compared the I-V curve about LED shown in drawing 1 and drawing 18.

[Drawing 20] It is the graph which compared the optical P-I curve about LED shown in drawing 1 and drawing 18.

[Drawing 21 A] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 21 B] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 21 C] It is explanatory drawing showing the alternative example of this invention.

[Drawing 22 A] It is explanatory drawing showing the alternative example equipped with the segmented ground electrode.

[Drawing 22 B] It is explanatory drawing showing the alternative example equipped with the segmented ground electrode.

[Drawing 22 C] It is explanatory drawing showing the alternative example equipped with the segmented ground electrode.

[Drawing 23 A] It is explanatory drawing to which is equipped with LED from which plurality was separated and this LED is connected by various serials and the juxtaposition method and in which showing the example of this invention.

[Drawing 23 B] It is explanatory drawing to which is equipped with LED from which plurality was separated and this LED is connected by various serials and the juxtaposition method and in which showing the example of this invention.

[Drawing 23 C] It is explanatory drawing to which is equipped with LED from which plurality was separated and this LED is connected by various serials and the juxtaposition method and in which showing the example of this invention.

[Drawing 23 D] It is explanatory drawing to which is equipped with LED from which plurality was separated and this LED is connected by various serials and the juxtaposition method and in which showing the example of this invention.

[Description of Notations]

12 Heterojunction

14a Electrode

14b Electrode

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

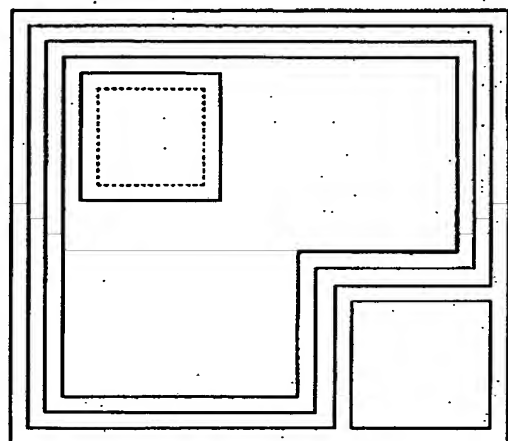
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

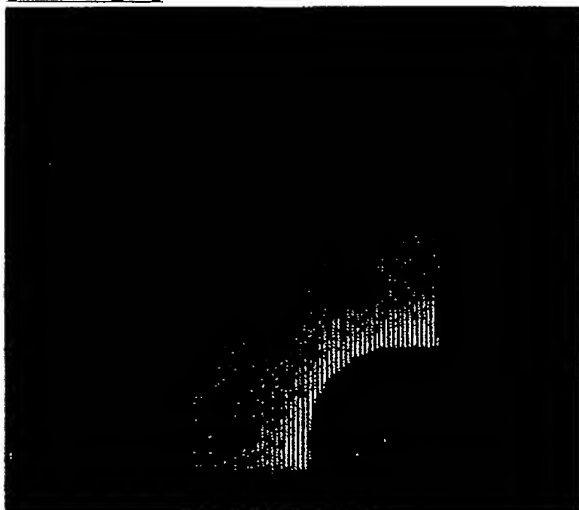
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

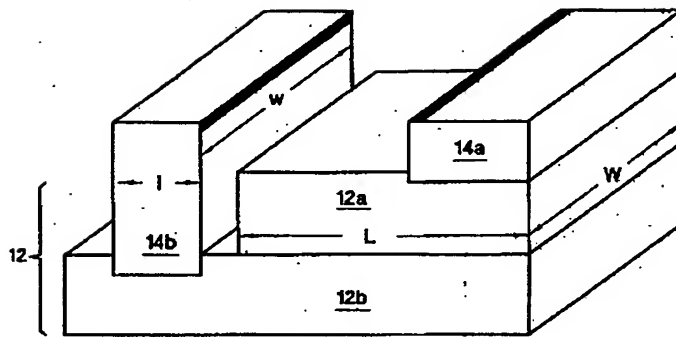


[Drawing 2]

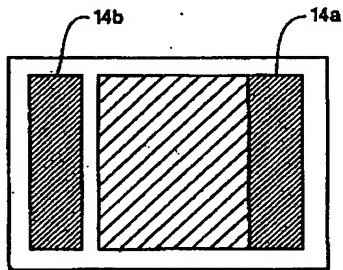


[Drawing 3]

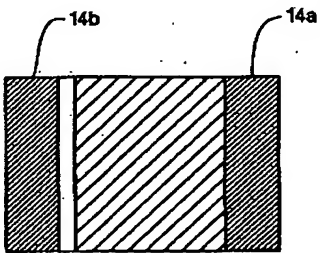
10



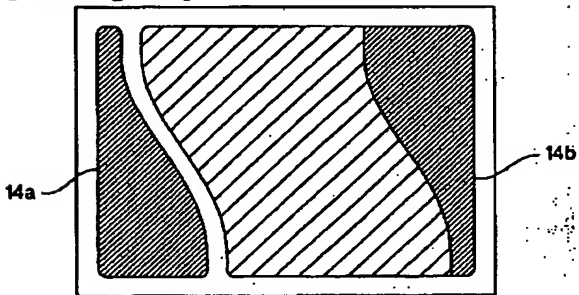
[Drawing 4 A]



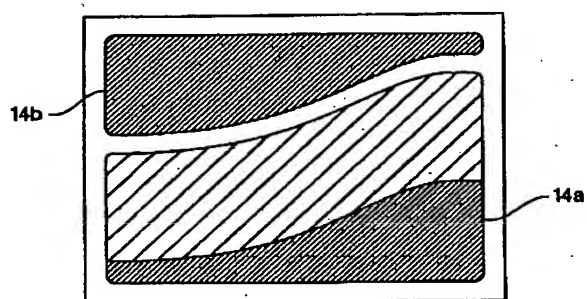
[Drawing 4 B]



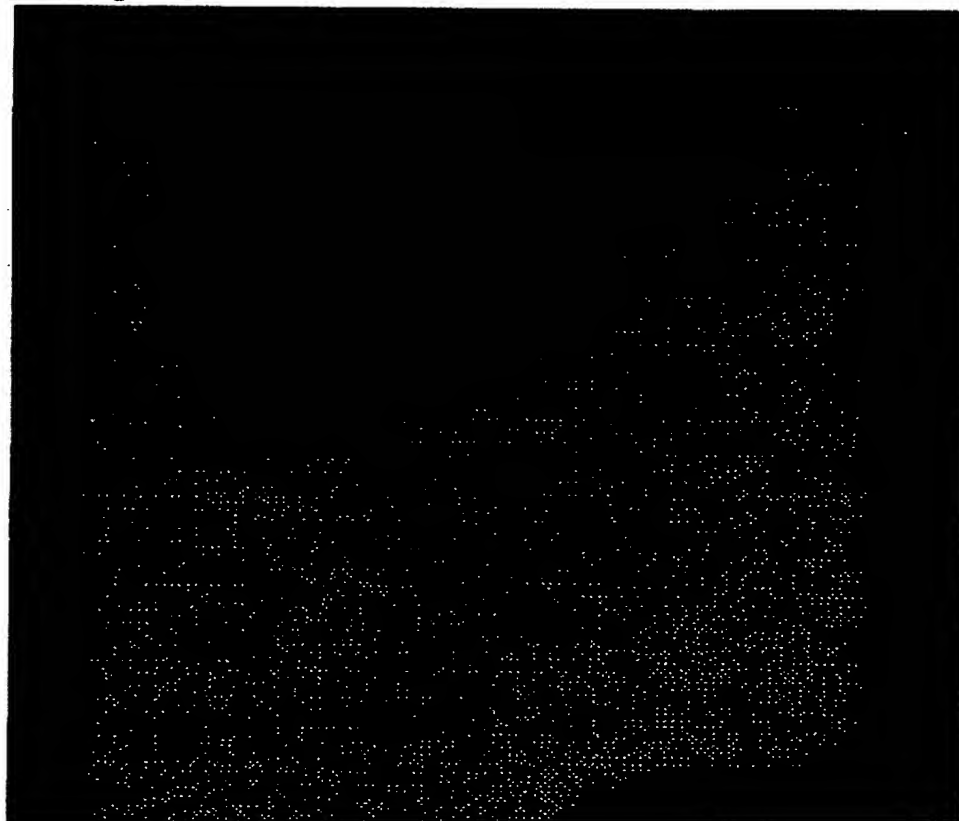
[Drawing 5 A]



[Drawing 5 B]

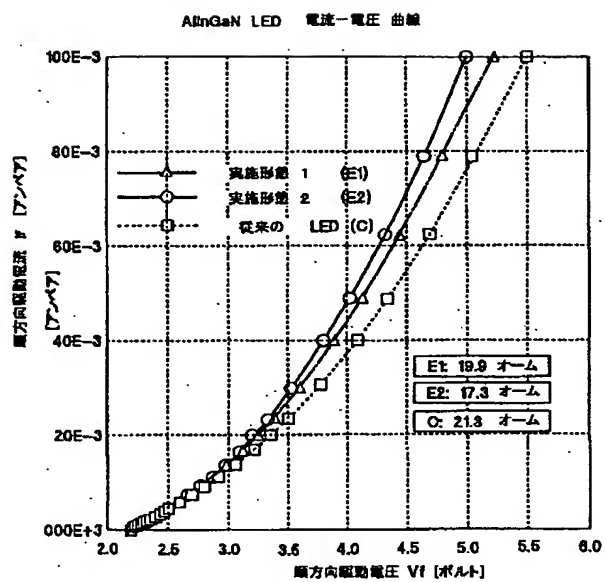


[Drawing 6 A]

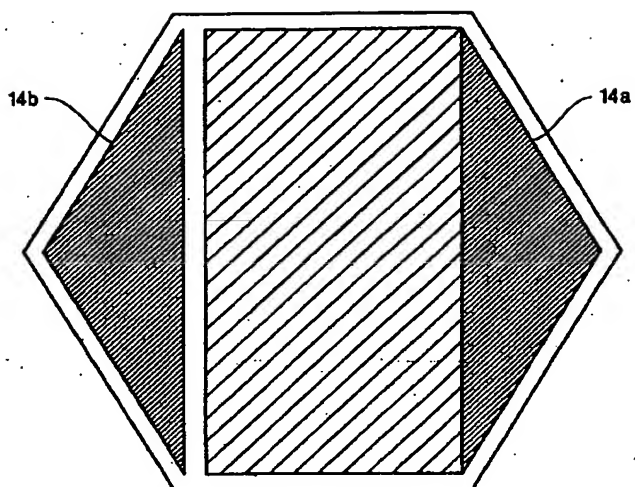


[Drawing 6 B]

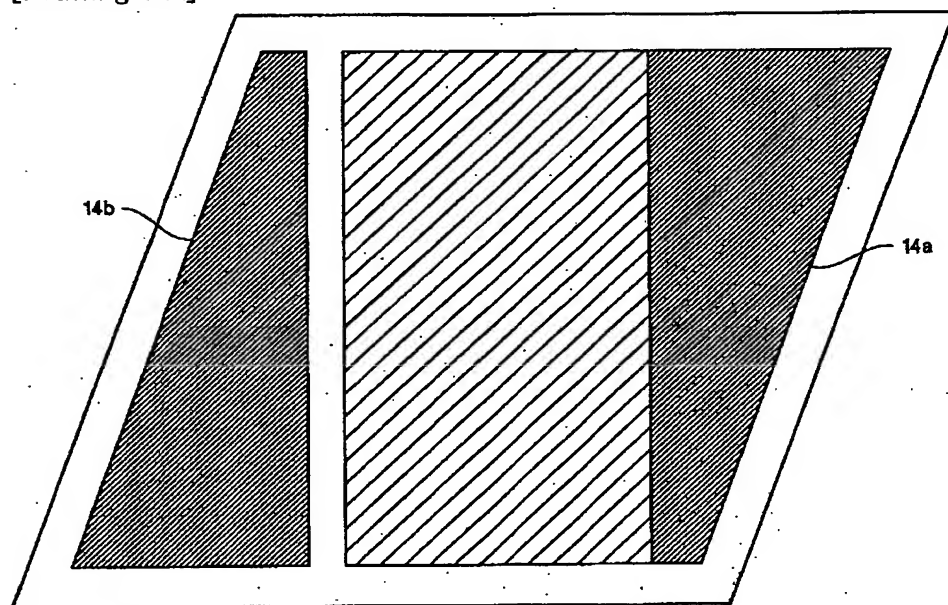
[Drawing 7]



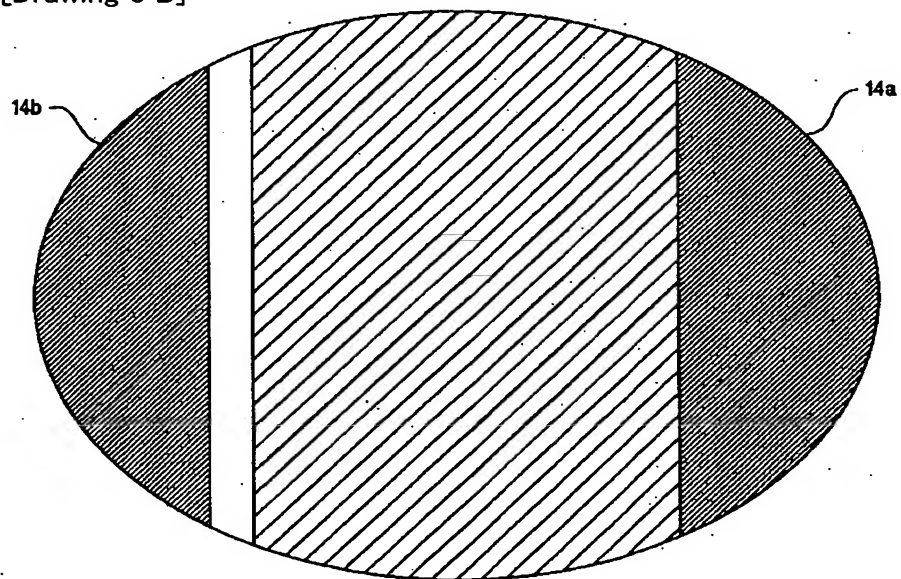
[Drawing 8 C]



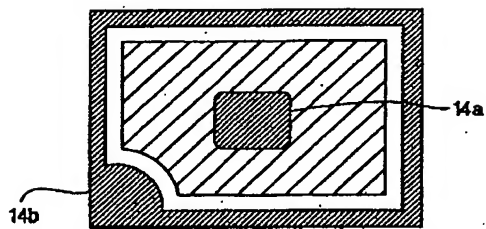
[Drawing 8 A]



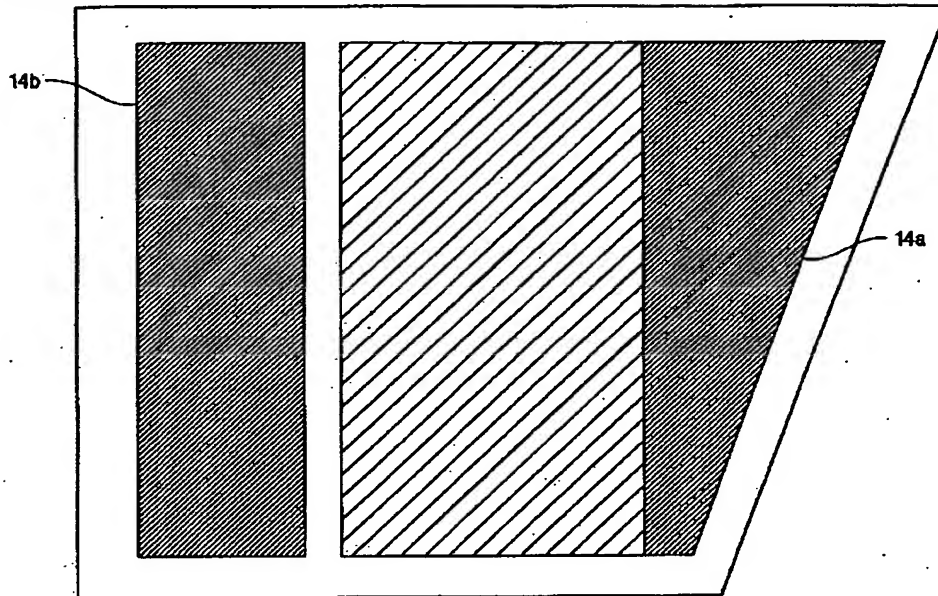
[Drawing 8 B]



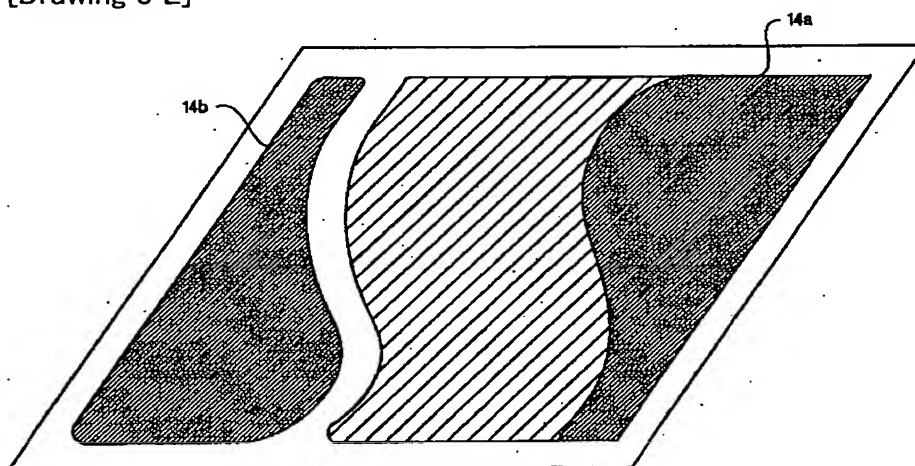
[Drawing 18]



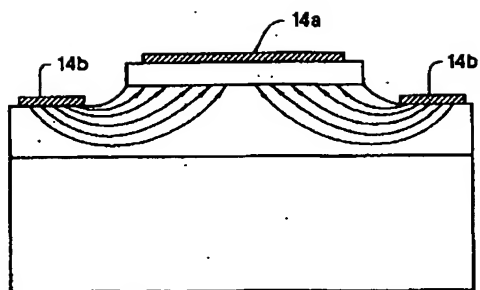
[Drawing 8 D]



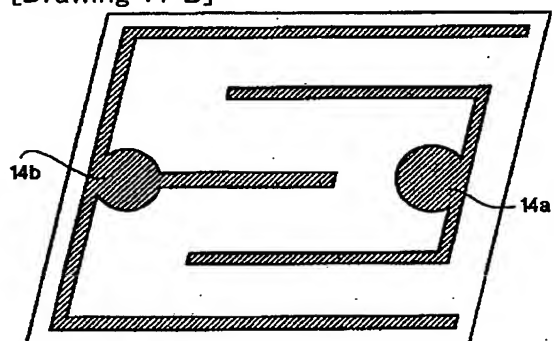
[Drawing 8 E]



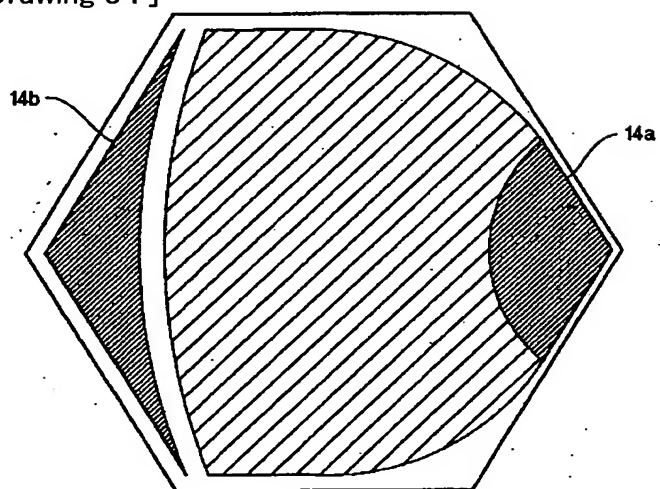
[Drawing 10]



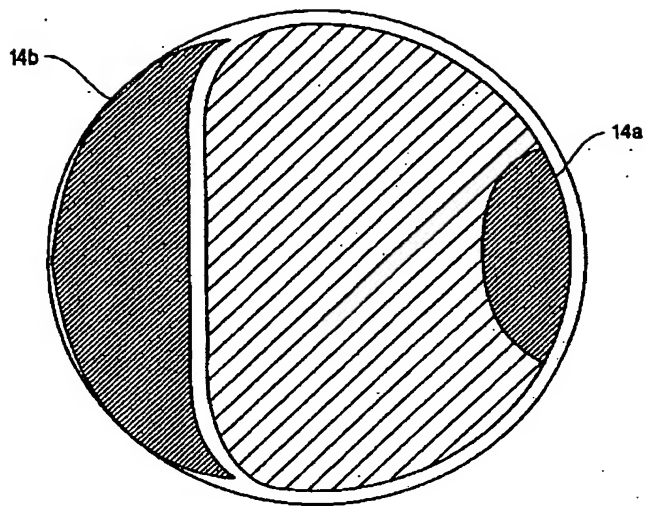
[Drawing 17 B]



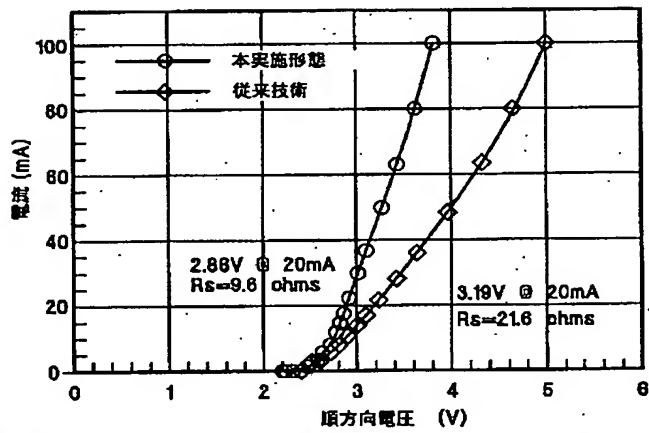
[Drawing 8 F]



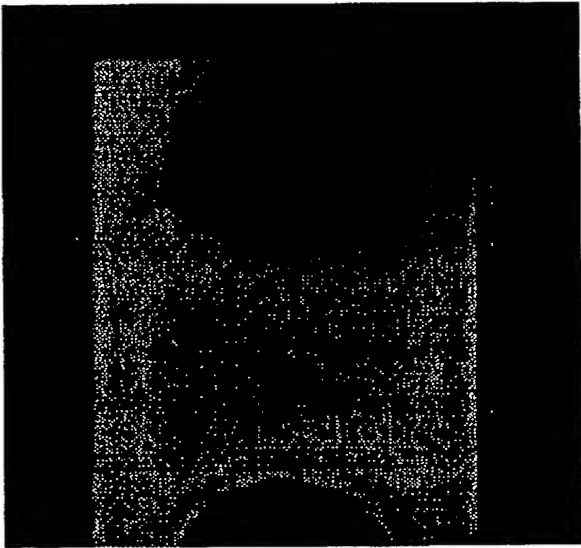
[Drawing 8 G]



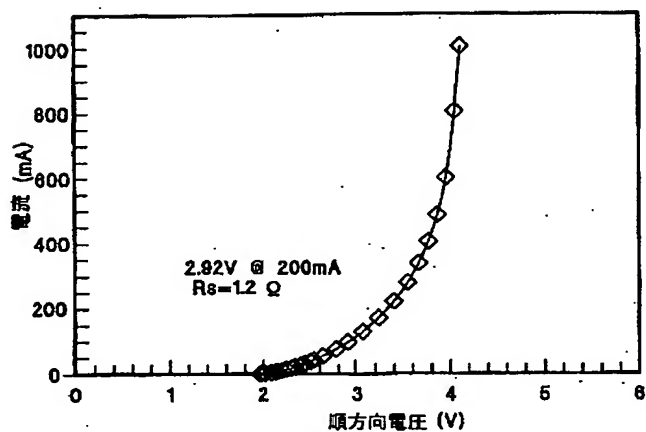
[Drawing 11]



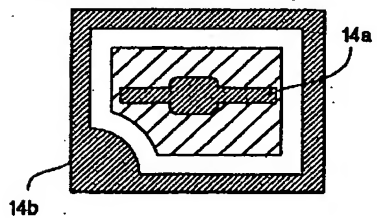
[Drawing 12 A]



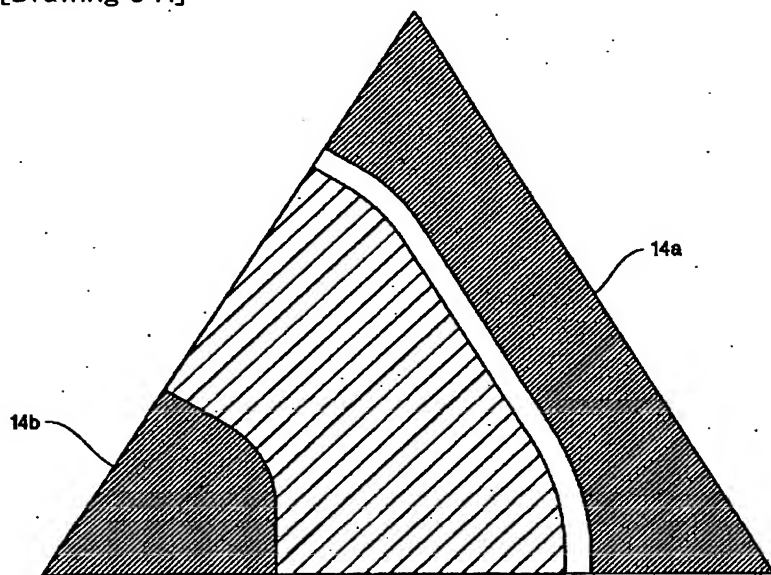
[Drawing 15]



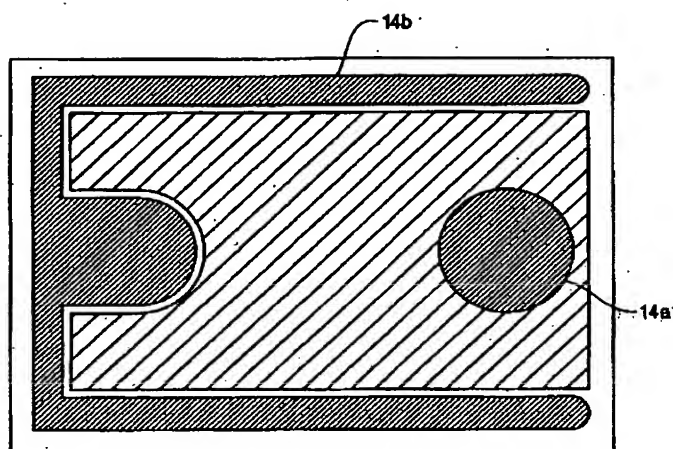
[Drawing 21 A]



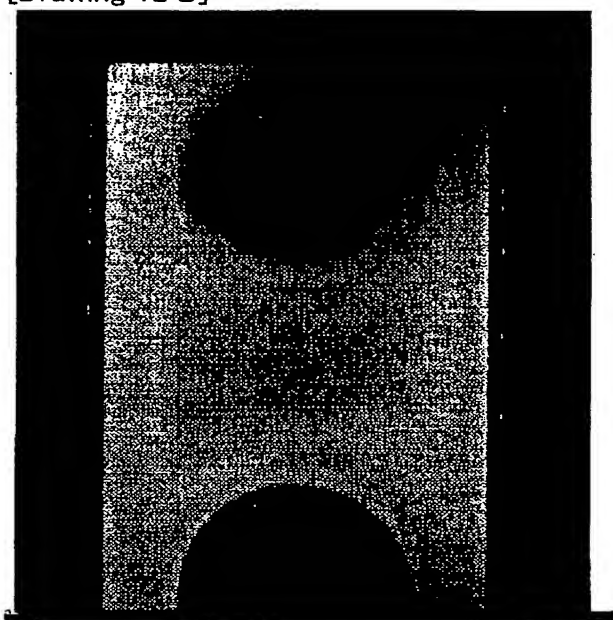
[Drawing 8 H]



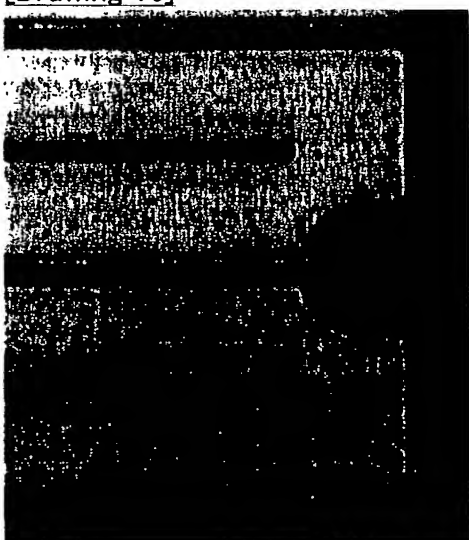
[Drawing 9]



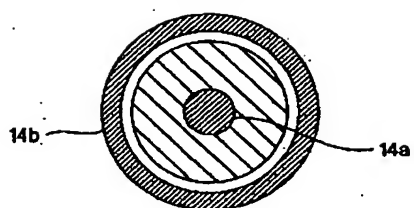
[Drawing 12 B]



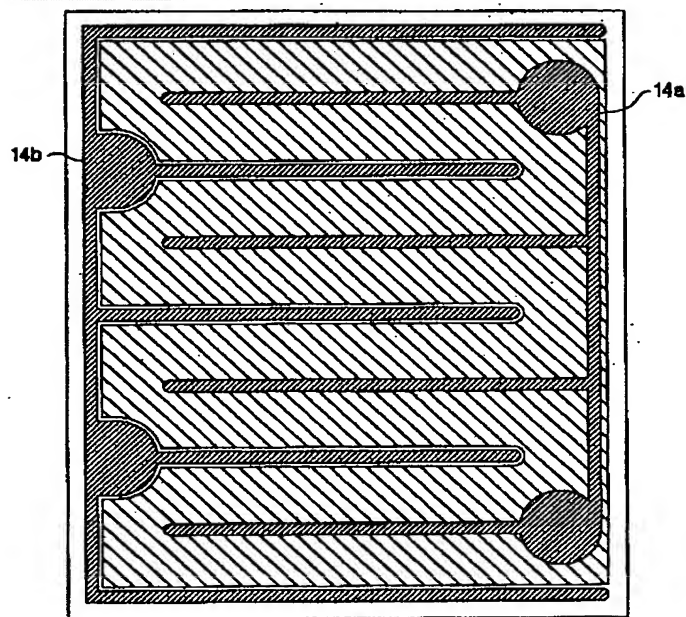
[Drawing 16]



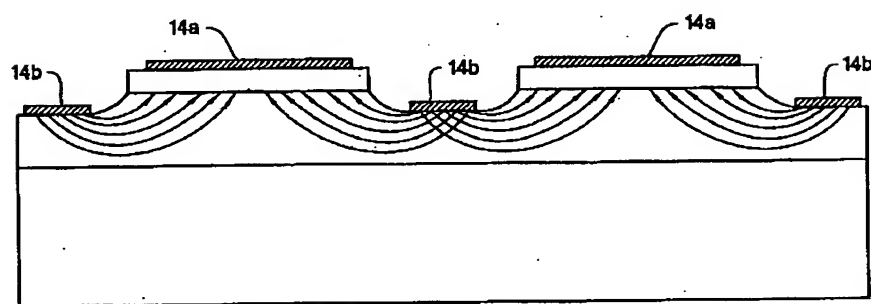
[Drawing 21 B]



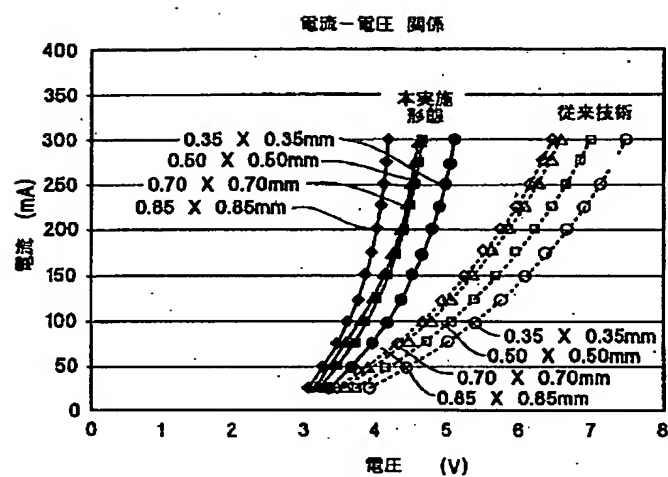
[Drawing 13]



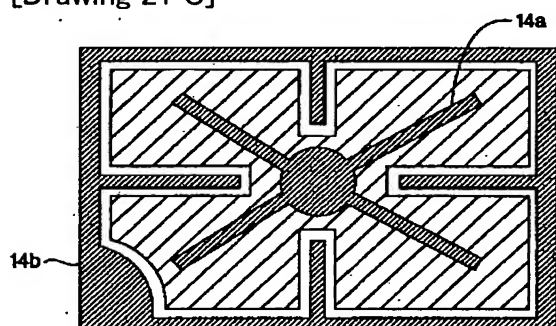
[Drawing 14]



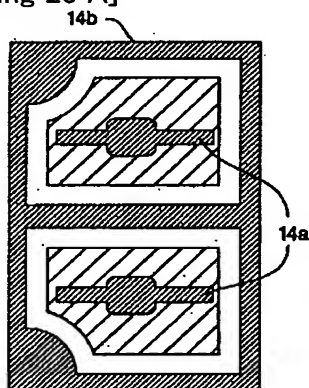
[Drawing 19]



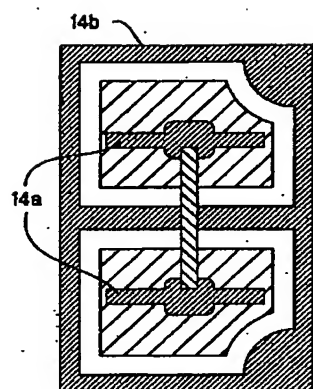
[Drawing 21 C]



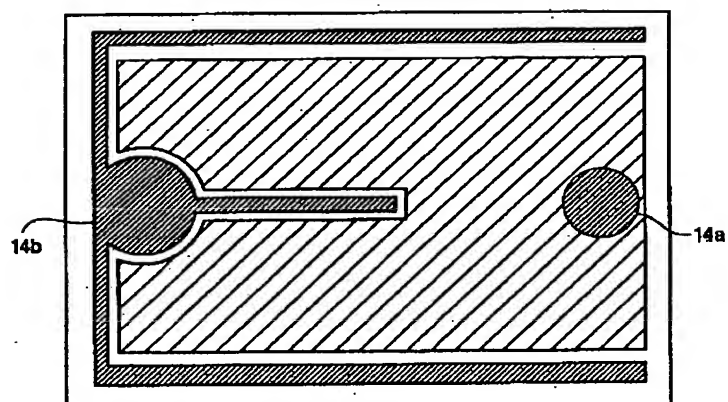
[Drawing 23 A]



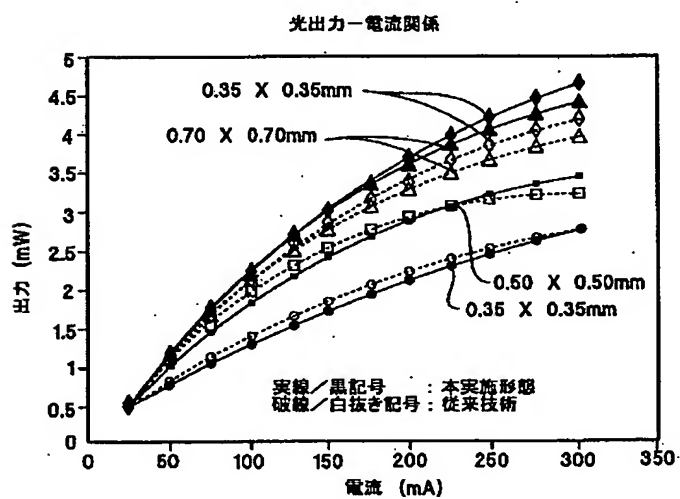
[Drawing 23 B]



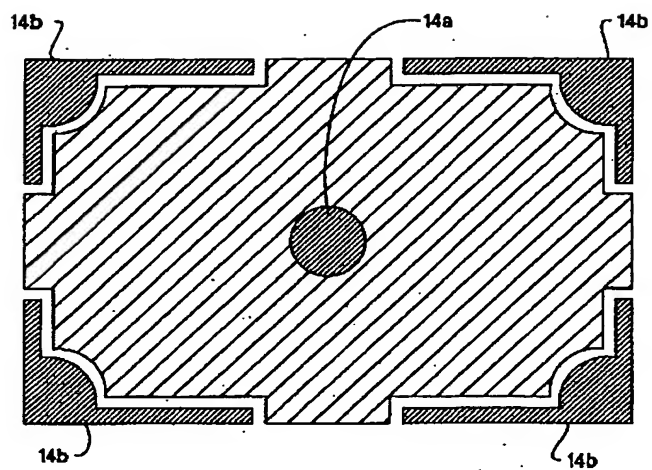
[Drawing 17 A]



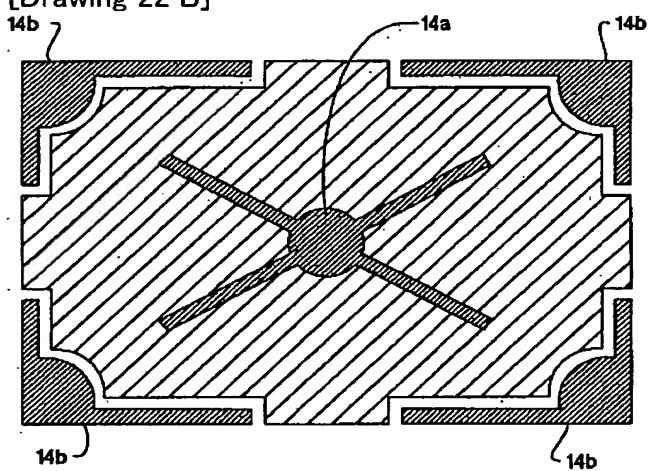
[Drawing 20]



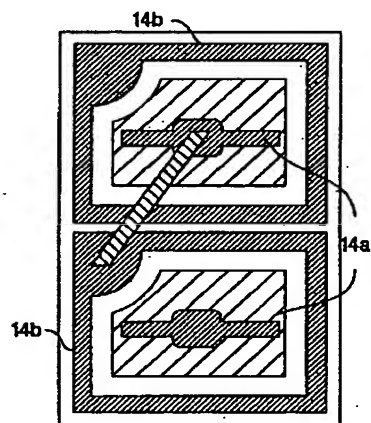
[Drawing 22 A]



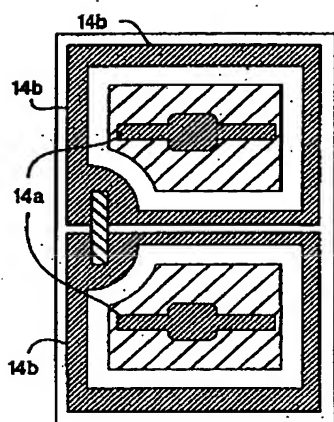
[Drawing 22 B]



[Drawing 23 C]



[Drawing 23 D]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-164930
(P2000-164930A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.⁷
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H 0 1 L 33/00

テマコード (参考)

E

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-331422
(22) 出願日 平成11年11月22日 (1999. 11. 22)
(31) 優先権主張番号 1 9 6 9 2 8
(32) 優先日 平成10年11月20日 (1998. 11. 20)
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 399117121
アジレント・テクノロジーズ・インク
AGILENT TECHNOLOGIE
S, INC.
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ページ・ミル・ロード 395
(72) 発明者 ダニエル・エイ・ステイジャーワルド
アメリカ合衆国カリフォルニア州95014,
クパチーノ, ロックウッド・ドライブ・
10430-ビー
(74) 代理人 100063897
弁理士 古谷 馨 (外2名)

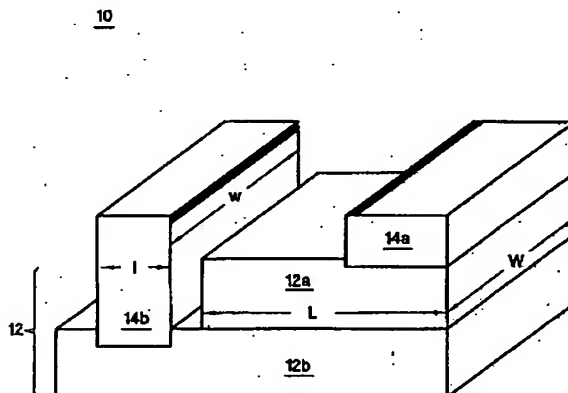
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光デバイスのための電極構造

(57) 【要約】

【課題】 所与の平均電流密度及び所与のデバイス断面積について発光領域における平均光強度を増大させることが可能な改善された電極構造を有する発光デバイスを提供すること。

【解決手段】 p形層及びn形層を有するヘテロ接合を備えた発光デバイス。n電極がn形層に電氣的に接続され、p電極がp形層に電氣的に接続される。該p電極及びn電極は、均一な光強度を有する領域を形成するように配置される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】発光デバイスであって、デバイス構造体と、
p形半導体層及びn形半導体層を含む前記デバイス構造体内のヘテロ接合(12)と、
一方が前記p形半導体層に電気的に接続され、他方が前記n形半導体層に電気的に接続された、2つの電極(14a, 14b)とを備えており、
任意の点における前記電極の内側輪郭間の最短距離が、該電極間の距離の平均の+35%～+150%内で変動し、
前記2つの電極のうちの少なくとも一方の長さが、該発光デバイスの1つの側部の長さの65%以上であり、少なくとも1つの領域の光の均一性に関する光強度比が、 30 A/cm^2 以上の平均電流密度において3.0未満であり、該光の均一性に関する光強度比が、最大局所光強度 I_{max} と平均光強度 I_{ave} との比として規定されるものである、発光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光デバイスの分野に関し、特に、これらデバイスの発光の均一性及び面積効率の改善に関する。

【0002】

【従来の技術】最も優れた性能を発揮する市販のAlInGaN発光デバイス(LED)は、例えば、サファイアのような絶縁基板上に成長させたものである。電極及びその接続パッドは、通常はデバイスのAlInGaN半導体層の上部に配置される。

【0003】動作中には、ワイヤボンディング(ボール又はウェッジ)、ハンダ付け、又は導電性接着剤による取り付けによって接続パッドに結合された外部端子を介してLEDに電流が送り込まれる。p電極及びn電極が、それぞれの半導体層に電流を注入し拡散させる。電流がp-n接合部を横切って順方向に流れ、これにより該p-n接合部で少数キャリアの再結合が生じた際に、光が発生する。典型的な動作条件下でデバイスから放出される光の強度 I は、電流密度 J 、即ち単位面積当たりの電流に比例する。所与の電流密度 J について、p-n接合部の面積が大きいほど、LEDにより生成される光強度 I も増すことになる。

【0004】AlInGaN材料系のp形半導体層は、n形半導体層よりもはるかに抵抗が大きいものである。その結果として、p電極から注入される電流が、p形半導体内で側方に拡散することではなく、またp電極から側方へ離れて拡散することはない。電流は、p電極から、p-n接合を横切る最短経路(即ち通常は垂直方向)に沿って、n形半導体層まで流れる。次いで、電流は、n形半導体層内で側方に拡散してn電極に到達する。

【0005】発光領域を最大限にするには、電流がp-n接続の可能な限り多くの部分を横切って流れなければ

ならない。従って、電流は、p形の表面の可能な限り大きな部分にわたって側方に広がらなければならない。側方への電流の広がり、p形表面の大部分をp電極で覆うことにより改善することが可能である。このため、p電極は、接続パッドにより全体に又は部分的に覆われる。

【0006】接続パッドは、電気的な機能性を提供するように導電しており、また機械的な機能性を満たす厚さを有していなければならない。結果として、接続パッドは、通常は金属である。必要な厚さを有する金属接続パッドは不透明である。ITO(インジウムスズ酸化物)等の透明な導電性酸化物からなるボンディングパッドもまた利用されたが、これは一般的なものではない。

【0007】市販のAlInGaN LEDの大部分は、デバイス内で生成された光をp層を介して抽出する。これらのデバイスは、複合p電極(例えば、p表面の大部分を覆う電流拡散のための薄い半透明材料等)と、この薄いp電極を可能な限り僅かな部分しか覆わないが市販製品としての信頼できる接続を可能にする厚い不透明な接続パッドとを備えている。p形の表面積を最大限にするためにn電極もまた小さく作製される。p-n接合部で生成された放出光の大部分は、半透明p電極のうち接続パッドにより遮蔽されていない部分を通してデバイスから漏出する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ナカムラ等の米国特許第5,563,422号における教示によれば、n接続パッド及びp接続パッドは、図1に示すようにデバイスの隅部に正反対の方向で対置させ又は配置すべきである。p接続パッドに隣接したp電極の領域からn層まで垂直方向下方に流れる電流は、p-n接合を垂直方向に通過した後、n形半導体層中をかなり長い水平距離にわたって横断してn電極に到達しなければならない。一方、n接続パッドに隣接したp電極の領域からn層まで垂直方向下方に流れる電流は、n形半導体層を僅かな水平距離にわたって横断してn電極に到達すればよい。該距離が長くなると、前者の電流経路に対してn層中でかなりの量の直列抵抗が追加され、その結果として、n接触部のまわりで薄いp電極の縁部に電流が押し寄せることになる。2つの接続パッド間の最も直接的な電流経路は、他の如何なる経路(デバイスの縁部に続く経路等)よりも強く偏重されるので、電流が該接続パッド間に押し寄せることになる。電流密度の不均一性は、平均電流密度が高くなるにつれて大きくなる。これは、n形半導体層における抵抗性電圧降下が増大するからである。この電流密度の不均一性は、図2に示すように、それに対応する光強度の不均一性を生じさせるものとなる。電流密度の不均一性の度合いは、最大局所電流密度 J_{max} と平均電流密度 J_{ave} との比 r によって示される。この比は、最大局所光強度 I_{max} と平均光強度 I_{ave} との比 R を測定す

ることにより概算することが可能である。これは、第1近似に関して光強度が電流密度に比例するからである。かかる測定は、光学装置を利用して、バイアスされたLEDのイメージングを近視野条件(near field condition)で行うことにより、一般に行われる。図2から分かるように比Rは極めて高いものとなる。

【0009】特に、平均電流密度が高い場合、及びLEDの寸法が大きい場合には、電流密度の不均一性は、LEDの光学的及び電氣的性能の劣化に通じるものとなる。AlInGaN LEDは、その発光のメカニズムに起因して、平均電流密度が高くなるにつれて発光効率が低下するという特性を示す。このため、電流密度が不均一である場合には、総合的な光学的効率の低い動作領域が生じることになる。更に、発光効率の不可逆的な劣化は、電流密度が高くなるにつれて増大するので、電流密度が不均一であれば、全体的な劣化速度が速まることになる(これは商業的な重要性を低劣化速度に依存する市販のLEDにとって重大な関心事である)。

【0010】先行技術のもう1つの欠点は、電極構成に起因して、発光材料としての基板領域の利用効率が悪化するという点である。所与の平均電流密度Jについて、p-n接合領域が大きいほど、LEDにより生成される平均光強度Iも高くなる。

【0011】

【課題を解決するための手段】改善された電極構造を有する発光デバイスは活性領域を備えている。該活性領域、例えばヘテロ接合は、p形層及びn形層を備えている。n電極は、n形層に電氣的に接続されており、一方、p電極は、p形層に電氣的に接続されている。p電極及びn電極は、動作中に均一な電流密度を提供し及びデバイス領域のうち発光に利用される部分を最適化するように、成形され配置される。最大局所電流密度 J_{max} と平均電流密度 J_{avg} との比が、3未満、好適には1.5~2未満になると、均一な電流密度に達する。均一な電流密度は、発光領域における最大局所光強度 I_{max} と平均光強度 I_{avg} との比によって測定される。

【0012】改善された電極構造は、3つのパラメータを別々に又は組み合わせて変更することにより実現される。その要素は、デバイスの形状、電極の形状、及び電極の位置である。デバイスは、球形若しくは半球形とすることが可能であり、又は、多角形、円形、楕円形、若しくは長円形の断面積を有するむくの柱状体とすることが可能である。各電極は、多角形又は円形等の丸い形状に形成することが可能である。代替的に、2つの電極のうちの少なくとも一方を区分化して均一な電流密度を有する領域を複数形成することも可能である。電極間の平均距離は、n電極及びp電極の長さ未満であることが好ましい。

【0013】改善された電極構造は、「面積利用率」Aを改善するものとなる。該面積利用率Aは、発光p-n

接合部の面積とデバイスの総面積 A_{tot} との比として定義される。従って、該改善された電極構造により、所与の平均電流密度 J_{avg} 及び所与のデバイス断面積について、発光領域における平均光強度 I_{avg} を増大させることが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明では、発光素子(LED)の表面(上部又は背面)の「面積利用率」は、p-n接合部(即ち発光領域)(の面積?)と基板の総面積との比Aであると定義する。所与の平均電流密度について及び所与の基板面積の値について、発光強度は、前記比Aに比例して増大する。製造コストが主としてLEDの基板面積に比例するため、面積利用率Aを最大限にするのが有利である。

【0015】非AlInGaN材料系の市販のLED(通常は1つの表面につき1つの接続パッドしか有していない)は、面積利用率の典型的な値 $A \sim 1.0$ を備えている。従来のAlInGaN LED、例えば、同一表面上に両方の接続パッドが存在するAlInGaN LEDは、 $A = 0.25 \sim 0.50$ という範囲の面積利用率値を有している。製造上の制約により、接続パッドのサイズは、例えば、 $0.075 \times 10^{-3} \sim 0.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ に限定されてしまう。一表面上に所与の複数の接続パッドが設けられている場合には、 A_{tot} が大きいほど、それに対応するAも大きくなる。同一範囲の A_{tot} について(即ち、 A_{tot} の拡大に伴う製造コストの増大を被ることなく)、AlInGaNデバイスに関する面積利用率Aが、先行技術により得られるよりも高くなるようにすることが望ましい。

【0016】改善された電極構造は、3つのパラメータを個々に又は組み合わせて変更することにより実現される。その要素は、基板の形状、電極の形状、及び電極の位置である。基板は、球形、半球形、又は(例えば、矩形、平方四辺形、六角形、若しくは三角形といった多角形又は円形及び楕円形を含むグループから選択された断面積を有する)むくの柱状体とすることが可能である。各電極は、(例えば、矩形、平行四辺形、三角形等の)多角形、互いに組み合わせた指状体、又は(例えば、円形、長円形、角が丸められた正方形等の)丸みのある形状のものとして形成することが可能である。代替的に、2つの電極の少なくとも一方を区分化して、電流密度の均一な複数の領域を形成することも可能である。電極間の平均距離は、n電極とp電極の長さより短いことが好ましい。

【0017】作動時の原理を例証するために、p形半導体材料は、均一な抵抗率 ρ 、幅W、及び厚さtを有しているものとする。シート抵抗 R_{\square} は、 ρ/t と定義される。電流は、2つの矩形電極から材料中へと注入される。電極は、幅w及び長さlを有している。電極は幅s($s \leq (L-2l)$)だけ隔てられている。電流の流れは均一である。何れかの電極の内側輪郭に沿った任意の

ポイントに関して、最短距離 s が一定に保たれる場合には、一層複雑な形状で上記と同様の流れの均一性を達成することが可能である。2つの電極間における電流の流れに対する抵抗 R は、次のように表すことができる：

$$R = R \square s / w \quad \dots (1)$$

該式1において、全抵抗 R は、シート抵抗 $R \square$ と電極の形状寸法(s, w)とによって決まる。全抵抗 R は、距離 s を最短化し、幅 w を最長化すると、最小限になる。

p接触から注入される正孔と再結合する前に電子がn形半導体中を水平方向に横断する距離が一層短くなる。本発明によれば、キャリアが横断する距離が短縮され、該距離が電極全体にわたり同一になる。この距離の短縮により、デバイスの直列抵抗が低減され、総合的な電気特性が改善される一方、該距離をほぼ一定に保つことにより、局所電流密度が均一になる。電極は、互いに可能な限り接近して配置すべきである。これらの電極は、デバイスの縁部の大部分を覆うことが好ましく、また該電極間の距離は、電流を均一に広げるために可能な限り均一にすべきであり、これにより、後述するように、電気的な挙動、発光上の挙動、及び信頼性のある挙動に関して利点が得られることになる。

【0018】電極は、半導体材料に電気的に接続された導電層である。単純電極(simple electrode)は、動作時の等電位表面であり、例えば、その電圧は、その表面のどのポイントにおいても同じになる。デバイスによっては複合電極を必要とするものがある。複合電極(compound electrode)は、電流を拡散させて光を抽出するために極めて薄い(例えば $0.2 \mu m$ 以下の)半透明の更なる導電層(典型的には、高抵抗率のpドープ層及び一層厚い電極又はp接続パッドに電気的に接続される)を含むことが可能なものである。該薄い導電層も電極であるが、等電位表面でない場合が多く、例えば、高い抵抗率を有し、その表面上の幾つかのポイント間でかなりの電圧の差が生じるものとなる。

【0019】図3には、本発明のLEDが例示されている。LED10は、随意選択の基板(図示せず)上に活性領域12を備えている。活性領域12、例えばヘテロ接合部は、p形半導体層12a及びn形半導体層12bを有している。p電極14a及びn電極14bは、それぞれ対応する半導体層に電気的に接続されている。p電極14a及びn電極14bは、動作時に均一な電流密度を提供するように成形及び配置されている。太線は、それら2つの電極の内側輪郭を強調したものである。該デバイス構造は、随意選択の基板、活性領域、及び電極を備えている。最大局所光強度 I_{max} と平均光強度 I_{avg} との比が3未満(好適には1.5~2未満)である場合に、均一な電流密度が得られる。

【0020】単純電極の場合には、任意のポイントにおける電極の内側輪郭間の最短距離が、該電極の内側輪郭間の平均距離の+35%~150%以内であることが望まし

い。また、複合電極の場合には、任意のポイントにおける接続パッドの内側輪郭間の最短距離が、該接続パッドの内側輪郭間の平均距離の±35%以内であり、及び任意のポイントにおける電極間の最短距離が、該電極間の平均距離の+35%~150%以内であることが望ましい。

【0021】これらの性能指数は、次のように導き出された。平均的な人間の目は、その光受容体が光強度によって飽和しないものと仮定した場合、光強度の変動が3倍にわたると、可視光の強度差を容易に識別する。識別力のある目であれば、2倍の光強度の変動でも可視光の強度差を識別することができる。該変動が1.5未満になると、人間の目は光強度の差を識別することができない。図2(先行技術)には、光の均一性に関する強度比(light uniformity intensity ratio)(以下、光強度比と称す)が3を超える場合が示されているが、後続の図には、光強度比が3未満の場合が例示されており、そのほとんどの場合が1.5未満である。

【0022】図3~図8Eに示す本発明の実施態様では、電極の最短長は、該電極が配置されているデバイス側部の長さの75%である。接続パッドの内側輪郭間の距離の最大偏差は±35%である。p電極及びn電極の内側輪郭間の平均距離 s からの最大偏差は±20%である。その結果として、図3~図8Hに示す実施態様のサブセットに従って作製されたデバイスには、平均電流密度が $50 A/cm^2$ である場合に、2を超える光強度比を示すものはなかった。

【0023】図4A, 4Bは本発明の実施態様を示している。デバイスは、多角形の断面積を有するむくの柱状体である。p電極及びn電極は、該多角形の少なくとも2辺の長さの少なくとも65%の長さを有している。長円形デバイスの場合には、2つの電極の少なくとも一方は、該デバイスの周辺長の25%以上の長さを有する。電極は、単純電極及び複合電極の何れにすることも可能である。電極の内周辺は、互いに平行であることが好ましい。前記多角形は、正方形、六角形、八角形、矩形、又は、平行四辺形であることが好ましい。

【0024】デバイスの総断面積の少なくとも1/3に均一な電流が流れ、これにより最悪の場合でも光強度比が3未満になることを確実にするために、65%の性能指数が選択された。これと同様の理由で、複合電極の接続パッド間の平均距離からの偏差に関して±35%の性能指数が選択された。

【0025】図5A~Bには、複合電極を有する代替実施態様が示されている。該複合電極の接続パッドは、例えばボールボンディング又はウェッジボンディング等のワイヤボンディング、ハンダ付け、又は導電媒体による取り付けに適している。電極は、接続パッド間の発光領域のサイズを増大させるために、接続パッド領域から離れるにつれてテーバーがつけられている。図5Bに示す実施態様の場合、電極の内周の長さは、電極間の平均距

離よりも長い。この構造によって、デバイスの電気抵抗が小さくなる。

【0026】図6A及び図6Bは、50mAの電流で順バイアスされた場合における図5A及び図5Bに示すLEDの近視野光学顕微鏡写真を例示したものである。デバイスの発光領域にわたって均一な強度が存在する。図2とは異なり、2つの電極間のギャップ近くに押し寄せる電流は認められず、薄い電極で覆われた領域における光強度の差も認められない。

【0027】図7では、図1、図5A、及び図5Bに示すLEDに関するI-V曲線を比較したものである。図1は、「従来のLED」に対応している。図5Aは、「実施態様1」に対応し、図5Bは、「実施態様2」に対応している。2つのAlInGaNウェハが半分に分割されている。一方の組をなす半ウェハは、図1によるデバイスに従って製作され、もう一方の組をなす半ウェハは、図5A及び図5Bに示すデバイスに従って製作された。それらの各デバイスは、例えば、約 1.2×10^{-3} といった同じ総断面積を有している。ウェハ分割の両側において、互いに可能な限り近接するように選択されたデバイスに関して典型的なI-V曲線が示されている。y軸には、駆動電流 I_f を示し、x軸は、駆動電圧 V_f を示している。大電流時における曲線の勾配は、デバイスの直列抵抗にほぼ反比例する。図7には、図5A及び図5BによるAlInGaN LEDの直列抵抗の低減が示されている。これらのデバイスは、従来のチップ($R_s = 21.3 \Omega$)よりもおよそ10%（「実施態様1」の場合、 $R_s = 19.9 \Omega$ ）～20%（「実施態様2」の場合、 $R_s = 17.3 \Omega$ ）低い直列抵抗を有しており、他の全ての成長及び製作パラメータは等しいものである。この直列抵抗の改善により、駆動電流が50mAの場合に動作電圧に0.2～0.3Vの利得が得られ、図5A及び図5Bによるデバイスの場合、その電流で、20mAで駆動される図1の先行技術によるデバイスの平均電圧に匹敵する平均電圧が生じる。電極の離隔距離が該電極の長さよりも遙かに短いため、「実施態様2」の一層良好な電気性能が期待される。駆動電流が増大すると、 R_s の低減による駆動電圧の改善は更に劇的なものとなる。また、駆動電流が減少すると、 R_s による影響は小さくなるが、局所電流密度の均一性によって、 V_f の改善が依然として認められる。図5A及び図5Bのデバイスの場合には20mAの駆動電流で3.25Vの順方向電圧が測定されたが、図1のデバイスの場合には3.4Vが測定された。

【0028】後日に成長させたAlInGaN材料で実施された同様のもう1組の実験では、同様の1組のデータ及び結論が得られた。図5A、図5B、及び図1に示すデバイスについては、それぞれ、20mAの順方向駆動電流で、3.05V、2.85V、及び3.35Vの平均値が得られた。また、図5A、図5B、及び図1に示すデバイスについて、それぞれ、50mAの順方向駆動電流で、3.65V、3.3

5V、及び4.15Vの平均値が得られた。

【0029】「面積利用率」は、図5Aのデバイス($A_{tot} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$)の場合には60%であると算出される。これは、同様の A_{tot} 値に関して25～50%の面積利用率Aを一般に呈する、図1に示す幾何学形状で製造されたデバイスに対する改善である。図5A及び図5Bに示すデバイスは、大量生産に適した標準的な半導体作製技術で製造される。面積利用率Aは、幅を狭くしたテーパー状のアームを形成し、接続パッドの領域を縮小し、及び一層厳しい公差を用いることにより、改善することが可能である。図5A及び図5Bに示す実施態様は、ワイヤボンディングを施したデバイスとして示されているが、デバイスは、フリップチップ構成で製造することも可能である。

【0030】図8A～Hは、本発明の代替実施態様を示している。電極は、単純電極又は複合電極とすることが可能である。各実施態様とも、デバイスの断面積により電流密度が制御される。図8Aの場合、断面は平行四辺形である。図8Bの場合には、断面は、例えば、楕円形、円形、又は球形といった丸い形状である。図8Cの場合には、断面は六角形である。図8Dの場合には、断面は不規則な多角形である。図8Eの場合には、断面はテーパーがつけられた接続パッドを備えた平行四辺形である。これら図8A～8Eの場合、電極の内側輪郭は、互いに平行であるが、デバイスの断面積の側部に対して必ずしも平行であるとは限らない。

【0031】図8Fの場合、断面積は、六角形であり、少なくとも1つの複合電極を備えている。該複合電極の接続パッドは六角形の角の近くに配置される。図8Gは、図8Fに示すデバイスの代替実施態様を示している。その断面は、7つ又は8つ以上の辺を有する多角形、又は、随意選択的に楕円形又は円形とすることが可能である。図8Hは、図8Fに示すデバイスの代替実施態様を示している。その断面は、5つまたは4つ以下の辺を有する多角形である。図8F～8Hの場合、内側電極は、互いにほぼ平行であるが、断面積の側部に対して平行ではない。

【0032】図3～図8は、2以下の値を有する電流密度均一性及びそれに伴う光強度均一性並びに $2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 未満の総断面積について50%以上の面積利用率を生じさせる実施態様を示している。断面積が $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 以上である場合、以下で提示する実施態様は、一層低い均一性及び一層高い面積利用率を生じさせるものとなる。

【0033】図9には、接続パッドが取り付けられており、基板周囲の3つの辺を包囲し、及びn形半導体層に接続された、複合電極を有している、断面が矩形で寸法が $0.3 \times 0.4 \text{ mm}^2$ である基板を備えた実施態様が示されている。このn電極は、2つの外側アーム、N個($N \geq 0$)の内側アーム、及び前記2つの外側アームと前記N

個の内側アームとを接続するクロスビームとを備えた、外側又は包囲電極である。外側アームの突出部は、発光領域の少なくとも75%（好適には100%）を包囲する。p形半導体層には第2の複合電極が接続されている。該複合電極は、発光領域の大部分にわたって電流を拡散させるための半透明金属層と接続パッドとから構成されている。この実施態様における接続パッドは、直径約0.1mmのワイヤボンディングを施すことが可能なものである。発光領域は、外側アームの突出部内に完全に包囲されている。

【0034】外側又は包囲電極によって、電流密度の均一性が向上し、デバイスの直列抵抗が小さくなる。図10は、図9のLEDの断面図を示している。外側電極のアームによって電流の流れる2つの独立した経路が提供されるため、平均電流密度が有効に低下することにより、電流の均一性が改善される。更に、電流がn形半導体層内を側方に移動しなければならない平均距離は、発光デバイスの直列抵抗の低減に通じるものとなる。図11は、図9に示すデバイスと図1に示す先行技術によるデバイスとのI-V曲線を比較したものである。図9のデバイスは、デバイスに順方向に20mAを注入するのに必要な電圧として定義される動作電圧の低下、及びI-V曲線の勾配関係により明示される直列抵抗の大幅な低減を呈するものとなる。順方向電圧及び直列抵抗の値は、図9のデバイスの場合には、2.86V及び9.6Ωであり、図1に従って作製されたデバイスの場合には、3.19V及び21.6Ωである。電流密度の均一性の改善は、図12A及び図12Bで立証されている。同図は、50mA及び200mAに順バイアスされた場合における図9のLEDの近視野光学顕微鏡写真を示すものである。これらの図には、図1のデバイスに関する図2に示された同様の顕微鏡写真とは対照的に、識別可能な発光強度の不均一性が示されていない。

【0035】面積利用率は、図9のデバイスの場合には55%であると算出され、図1のデバイスと比較してかなり改善されている。図9に示すデバイスは、大量生産に適した標準的な半導体作製技術により製造される。面積利用率は、より幅の狭いアームを形成し、及びより厳しい公差を用いることにより、大幅に改善することが可能である。図9の実施態様はワイヤボンディングを施したデバイスとして示されているが、LEDはフリップチップ構成で製造することが可能である。本発明の目的のため、アームは、任意の形状の単一電極又は複数の接続された電極であると考えられることができる。

【0036】図13は、断面が正方形で寸法が1.0×1.0mm²の基板を有する本発明の代替的な実施態様を示すものであり、該基板は、その周囲の三辺を包囲してn形半導体層に接続されると共に2つの接続パッドを有する第1の複合電極を備えている。第2の複合電極は、p形半導体層に接続されている。該第2の複合電極は、発光領

域の大部分にわたって電流を拡散させるための半透明な金属層と、2つの接続パッドとから構成される。該接続パッドは、ワイヤボンディングを意図したものであり、ほぼ0.1mmの直径を有している。複数の接続パッドが、冗長性のため及び大きな動作電流での動作のために両電極に接続される。発光領域は、外側電極のアームの突出部内に完全に包囲されている。この外側包囲電極は、電流密度の均一性を改善し、LEDの直列抵抗を低減させる働きをする。

10 【0037】図14は、図13のLEDの部分断面図を示している。外側電極のアームによって、電流の流れる2つの独立した経路が得られるため、平均電流密度が有効に低下することにより電流の均一性が改善される。電流がn形半導体層内を側方に移動しなければならない平均距離の短縮によってLEDの直列抵抗が低減する。また複数の平行アームによって追加の経路が形成され、これによりLEDの直列抵抗が更に低減する。

【0038】図15は、240mAの順方向電流で2.92Vの動作電圧及び1.2Ωの直列抵抗を呈する、図13に示すデバイスに関するI-V関係を示すグラフである。電流密度の均一性は、500mAの順方向電流で動作する発光領域の一部に関する近視野光学顕微鏡写真である図16において立証される。~70A/cm²の電流密度に対応するこの電流での発光において認識可能な強度の不均一性が存在しないことは明らかである。

【0039】図13に示すこの1×1mm²のLEDの面積利用率は、計算すると74%になる。該デバイスは、大量生産に適した標準的な半導体製造技術によって製造される。面積利用率は、一層幅の狭いアームを形成し、及び一層厳しい公差を用いることにより、大幅に改善することが可能である。図13に示した実施態様は、ワイヤボンディングが施されたデバイスとして示されているが、LEDはフリップチップ構成で製造することが可能である。

【0040】図9及び図13で詳細に示した実施態様は、特定の基板サイズ及び形状について示されたものであるが、容易なプロセス及び設計上の考慮事項を用いて、現在の製造能力に合わせて広範なLEDを作製することも可能である。図17A及び図17Bには本発明の代替的な実施態様が示されている。

40 【0041】図18は、矩形基板の周囲の四辺全てを完全に包囲してn形半導体層に接続された第1の複合電極を有する本発明によるデバイスを示している。該n電極は、外側電極又は完全包囲電極と呼ばれ、単一の接続パッドを含んでいる。また第2の複合電極はp形半導体層に接続されている。該p電極は、発光領域の大部分にわたり電流を拡散させるための半透明の金属層と単一の接続パッドとから構成される。該実施態様における接続パッドは、ボンディングワイヤを意図したものであり、0.1mmの直径を有している。発光領域は、外側電極内に完

全に包囲されている。他の実施態様では、複数の接続パッドを備えることも可能である。

【0042】該完全包囲外側電極により、電流密度の均一性が改善され、LEDの直列抵抗が低減する。図19は、4つの異なる基板サイズについて図1及び図18のデバイスのI-V関係を示すグラフである。基板サイズは、 $0.35 \times 0.35 \text{mm}^2$ 、 $0.50 \times 0.50 \text{mm}^2$ 、 $0.70 \times 0.70 \text{mm}^2$ 、及び $0.85 \times 0.85 \text{mm}^2$ である。図18のデバイスは、全て、20mAを超える全ての電流で動作電圧の低下を示し、図1に示す幾何学形状で製造された同じサイズのデバイスよりも大幅に小さい直列抵抗を示す。200mAでの順方向電圧の値及び直列抵抗の値は、 $0.85 \times 0.85 \text{mm}^2$ の基板による図18のデバイスの場合には、4.0V及び3.6Ωとなり、それと同じ寸法を有する図1のデバイスの場合には、5.5V及び10Ωとなる。

【0043】図18の完全包囲外側電極によって、最小限の基板サイズを有するデバイスの電流密度の均一性及び光出力が改善される。図20は、4つの基板サイズについて図1及び図18のデバイスに関する光出力-電流関係(P-I)を示したものである。全てのデバイスは、同じタイプのエポキシパッケージにカプセル化された。150mAを超えたとき、図18の最大大きさのデバイス及びその次に大きなサイズのデバイスは、それらと同じ大きさの図1の2つのデバイスを明らかに超える光出力を発する。この光出力の増大は、図1のデバイスと比較して改善された図18に示すデバイスの電流密度の均一性によるものである。図21A~21Cは、本発明の代替的な実施態様を示している。本発明の目的のため、突出部は、任意の形状を有する単一の電極又は複数の接続された電極と考えることができる。

【0044】図22A, 22Bは、n形半導体に接続された複数の複合電極を備えた本発明の代替実施態様を示している。各複合電極は、均一な電流拡散を改善するためのアームと、それに取り付けられた接続パッドとを備えている。この複数のn電極は、区分化された外側電極と呼ばれている。第2の複合電極はp形半導体層に接続されている。該第2の複合電極は、大部分の発光領域に電流を拡散させる半透明の金属層と、単一の接続パッドとから構成されている。該接続パッドは、ワイヤボンディングを施すことが可能なものであり、0.1mmの直径を有している。発光領域は、外側電極の突出部内に完全に包囲されている。区分化された外側電極によって、LEDの光学的な効率を低下させる不透明材料を最小限にすると共に、最適な電流拡散が得られる。

【0045】図23A~23Dは、同一基板上に複数の独立した発光領域を有する本発明の代替実施態様を示すものであり、該発光領域は、広範なI-V関係を提供するように様々な態様で電氣的に接続される。接続用の金属被覆(connecting metalization)は、多段製造(multiple level fabrication)技術によって製造することが可

能である。その幾何学形状により、同じウェハ製造プロセスを利用して、任意の増分単位面積(incremental unit area)でデバイスを実現することが可能になる。

【0046】以下においては、本発明の種々の構成要件の組み合わせからなる例示的な実施態様を示す。

1. 発光デバイスであって、デバイス構造体と、p形半導体層及びn形半導体層を含む前記デバイス構造内のヘテロ接合(12)と、一方が前記p形半導体層に電氣的に接続され、他方が前記n形半導体層に電氣的に接続された、2つの電極(14a, 14b)とを備えており、任意の点における前記電極の内側輪郭間の最短距離が、該電極間の距離の平均の+35%~+150%内で変動し、前記2つの電極のうちの少なくとも一方の長さが、該発光デバイスの1つの側部の長さの65%以上であり、少なくとも1つの領域の光の均一性に関する光強度比が、 $30 \text{A}/\text{cm}^2$ 以上の平均電流密度において3.0未満であり、該光の均一性に関する光強度比が、最大局所光強度 I_{max} と平均光強度 I_{avg} との比として規定されるものである、発光デバイス。

2. 前記デバイス構造体が、断面を有するむくの柱状体であり、前記2つの電極の長さが、前記断面の1つの側部の長さの65%以上である、前項1に記載の発光デバイス。

3. 前記デバイスの断面が、多角形であり、前記2つの電極の長さが前記多角形の少なくとも2つの辺の長さの65%以上である、前項1に記載の発光デバイス。

4. 前記2つの電極の内側輪郭が前記多角形の辺と平行である、前項3に記載の発光デバイス。

5. 前記2つの電極の内側輪郭が互いに平行である、前項3に記載の発光デバイス。

6. 前記多角形が、正方形、六角形、八角形、矩形、台形、及び平行四辺形を含むグループから選択される、前項3に記載の発光デバイス。

7. 前記2つの電極のそれぞれが、ワイヤボンディング領域(14a, 14b)を備えており、該電極の形状が、前記ワイヤボンディング領域から離れるにつれてテーパがつけられたものである、前項3に記載の発光デバイス。

8. 前記断面の形状が、円形、楕円形、及び長円形を含むグループから選択され、前記2つの電極のうちの少なくとも一方が、該デバイスの周辺長の25%以上の長さを有している、前項1に記載の発光ダイオード。

9. 前記デバイス構造体が、球形及び半球形を含むグループから選択される、前項1に記載の発光デバイス。

10. 前記2つの電極(14a, 14b)のうちの一方が、発光領域の100%を包囲する形状を有する包囲電極である、前項1に記載の発光デバイス。

11. 前記包囲電極(14a, 14b)の形状が、矩形、円形、正方形、平行四辺形、楕円形、及び長円形を含むグループから選択される、前項10に記載の発光デバイス。

12. 前記包囲電極(14a, 14b)の形状が、それらに対応す

る半導体層中に電流を拡散させるよう作用する突出部を含む、前項10に記載の発光デバイス。

13. Q ($Q \geq 2$) 個の電氣的に接続された領域を画定すると共に発光領域を包囲するように配置された複数のn電極及びp電極(14a、14b)を備えている、前項1に記載の発光デバイス。

14. 前記Q個の電氣的に接続された領域が、多段メタライゼーション(multilevel metalization)を利用して接続される、前項13に記載の発光デバイス。

15. 前記2つの電極(14a、14b)の一方が、2つの外側アーム及びN ($N \geq 0$) 個の内側アームと、前記2つの外側アームと前記N個の内側アームとを接続するクロスビームとを備えており、前記2つの外側アームの突出部が、発光領域の75%以上を包囲する、前項1に記載の発光デバイス。

16. 前記2つの外側アームと前記N個の内側アームとの間に配置された接続パッド(14a、14b)を備えている、前項15に記載の発光デバイス。

17. 前記2つの電極(14a、14b)の他方が、M ($M \geq 1$) 個の先端を有するフォーク状に形成されている、前項16に記載の発光デバイス。

18. 前記M個の先端が、前記2つの外側アームと前記N個の内側アームとの間に配置されている、前項17に記載の発光デバイス。

19. 前記N個の内側アームと前記M個の先端との間の距離が一定である、前項18に記載の発光デバイス。

20. 前記2つの外側アームの突出部が発光領域の100%を包囲する、前項17に記載の発光デバイス。

21. 発光領域の面積と前記デバイス構造体の全面積との比として規定される面積利用率が少なくとも60%であり、前記デバイス構造体の面積が 0.2mm^2 以上である、前項1に記載の発光デバイス。

22. 発光領域の面積と前記デバイス構造体の全面積との比として規定される面積利用率が少なくとも60%であり、前記デバイス構造体の面積が 0.2mm^2 以上である、前項10に記載の発光デバイス。

23. 発光領域の面積と前記デバイス構造体の全面積との比として規定される面積利用率が少なくとも60%であり、前記デバイス構造体の面積が 0.2mm^2 以上である、前項15に記載の発光デバイス。

24. 前記2つの外側アームと前記N個の内側アームとの間に接続パッドが配置されている、前項23に記載の発光デバイス。

25. 前記2つの電極(14a、14b)の他方が、M ($M > 1$) 個の先端を有するフォーク状に形成されている、前項23に記載の発光デバイス。

26. 前記M個の先端が、前記2つの外側アームと前記N個の内側アームとの間に配置されている、前項25に記載の発光デバイス。

27. 前記N個の内側アームと前記M個の先端との間の距

離が一定である、前項26に記載の発光デバイス。

28. 前記2つの外側アームの突出部が発光領域の100%を包囲する、前項25に記載の発光デバイス。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光ダイオード(LED)を示す説明図である。

【図2】50mAで順バイアスされた図1のLEDの近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

【図3】本発明のLEDを示す斜視図である。

10 【図4A】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図4B】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図5A】ワイヤボンディングに関して最適化された接続パッド領域を備える本発明の実施例を示す図である。

【図5B】ボンディングワイヤに関して最適化された接続パッド領域を備える、本発明の実施例を示す図である。

【図6A】50mAで順バイアスされた図5AのLEDの近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

20 【図6B】50mAで順バイアスされた図5BのLEDの近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

【図7】図1及び図5A～Bに示すLEDのI-V曲線を比較したグラフである。

【図8A】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8B】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8C】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8D】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8E】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8F】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図8G】本発明の代替実施例を示す説明図である。

30 【図8H】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図9】外側電極を備えた本発明の実施例を示す説明図である。

【図10】図9のLEDにおける電流の流れを概略的に示す説明図である。

【図11】図1及び図9に示すLEDに関するI-V曲線を比較したグラフである。

【図12A】50mAで順バイアスされた図9のLEDの近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

40 【図12B】200mAで順バイアスされた図9のLEDの近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

【図13】互いに組み合わされた外側電極及び内側電極を備える代替実施例を示す説明図である。

【図14】図13の本発明における電流の流れを概略的に示す説明図である。

【図15】図13に示すLEDに関するI-V曲線を示すグラフである。

【図16】500mAで順バイアスされた図13のLEDの一部の近視野光学顕微鏡写真を示す図である。

【図17A】本発明の代替実施例を示す説明図である。

50 【図17B】本発明の代替実施例を示す斜視図である。

15

【図18】発光領域を完全に包囲した外側電極を備える代替実施例を示す説明図である。

【図19】図1及び図18に示すLEDに関するI-V曲線を比較したグラフである。

【図20】図1及び図18に示すLEDに関する光学的なP-I曲線を比較したグラフである。

【図21A】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図21B】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図21C】本発明の代替実施例を示す説明図である。

【図22A】区分化された外側電極を備えた代替実施例を示す説明図である。

【図22B】区分化された外側電極を備えた代替実施例を示す説明図である。

【図22C】区分化された外側電極を備えた代替実施例を示す説明図である。

【図23A】複数の分離されたLEDを備えており、該*

16

*LEDが様々な直列及び並列方法で接続されている、本発明の実施例を示す説明図である。

【図23B】複数の分離されたLEDを備えており、該LEDが様々な直列及び並列方法で接続されている、本発明の実施例を示す説明図である。

【図23C】複数の分離されたLEDを備えており、該LEDが様々な直列及び並列方法で接続されている、本発明の実施例を示す説明図である。

【図23D】複数の分離されたLEDを備えており、該LEDが様々な直列及び並列方法で接続されている、本発明の実施例を示す説明図である。

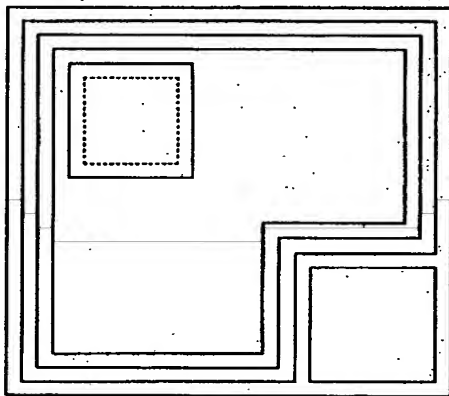
【符号の説明】

12 ヘテロ接合

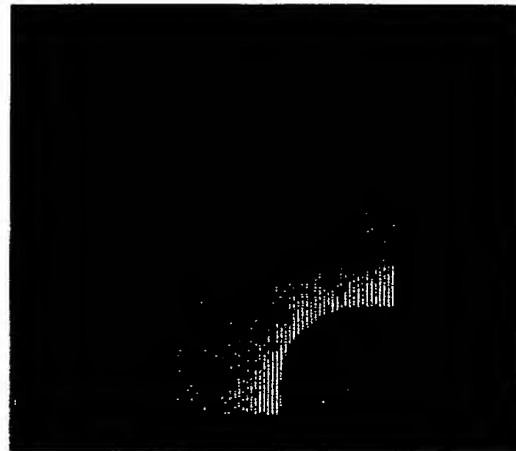
14a 電極

14b 電極

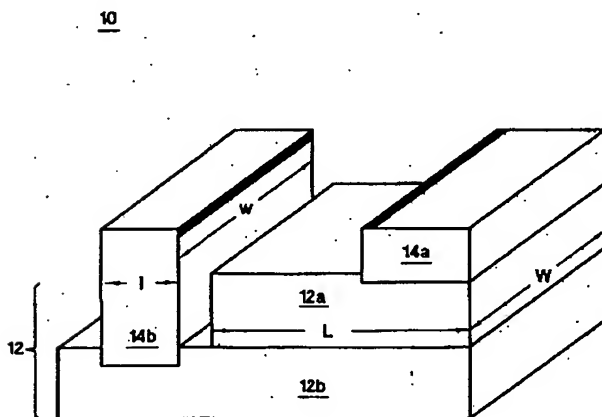
【図1】



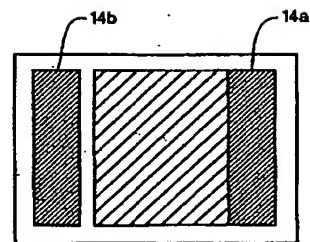
【図2】



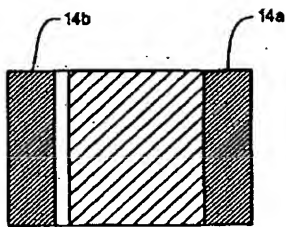
【図3】



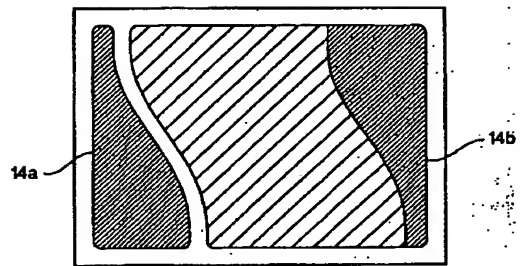
【図4A】



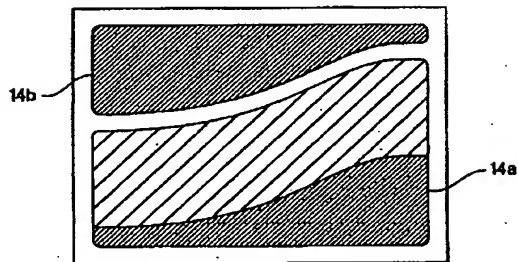
【図 4 B】



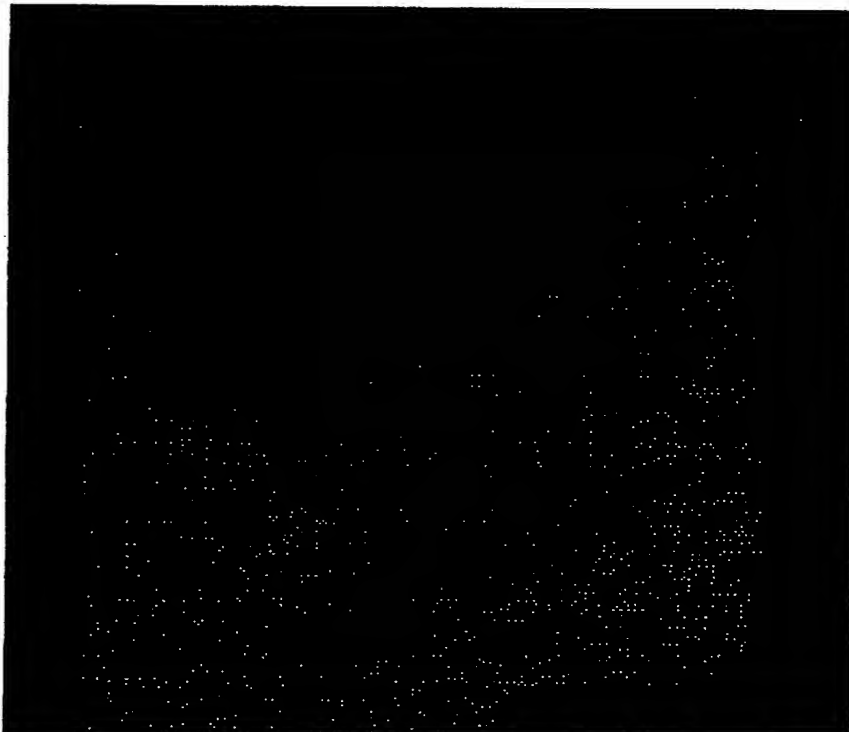
【図 5 A】



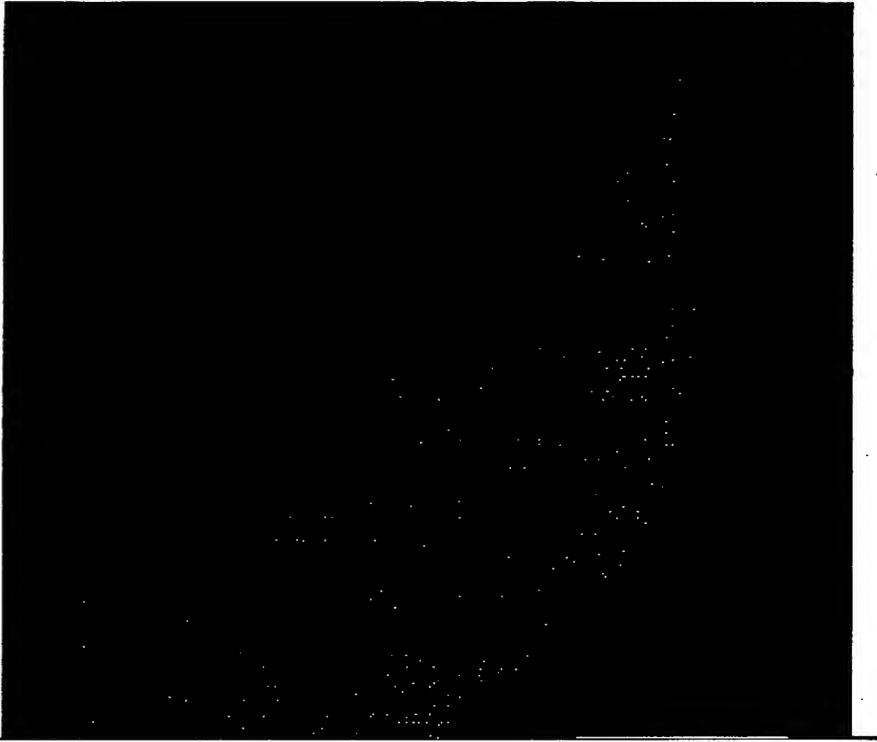
【図 5 B】



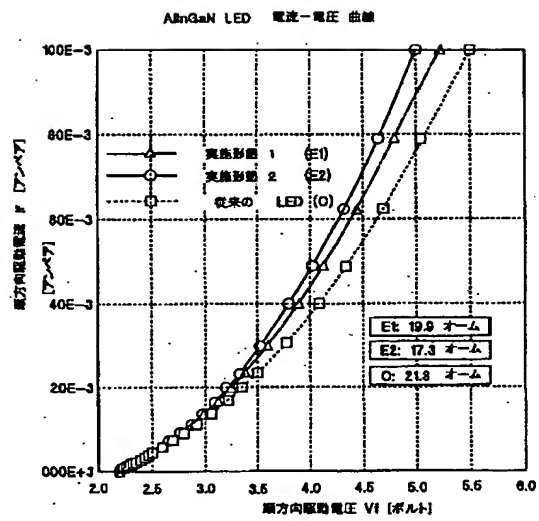
【図 6 A】



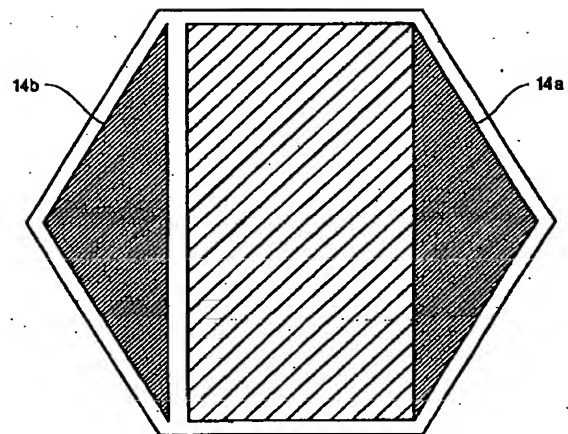
【図6B】



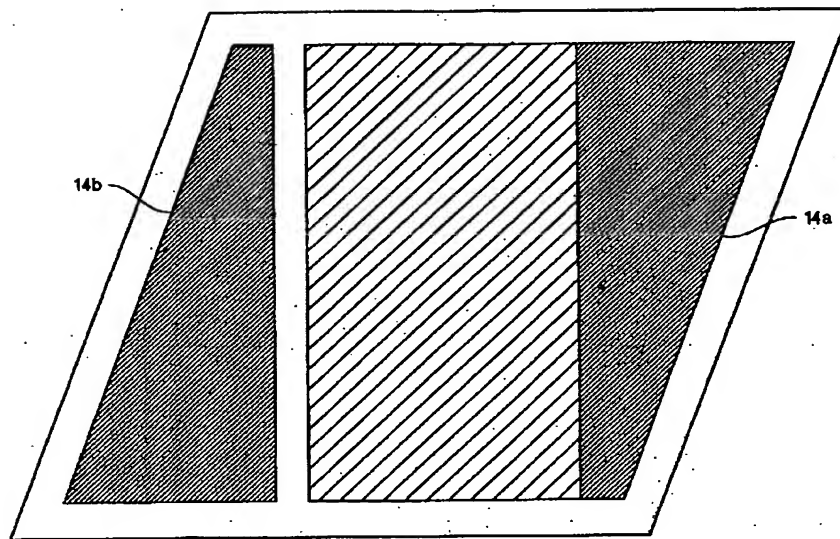
【図7】



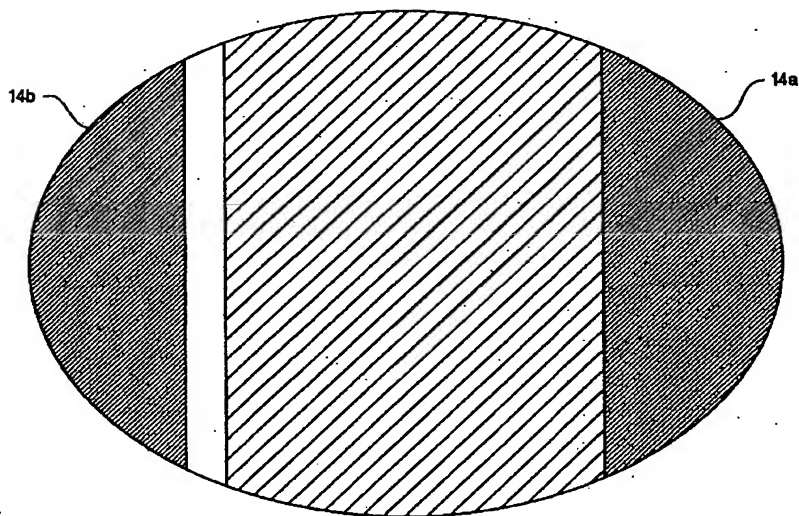
【図8C】



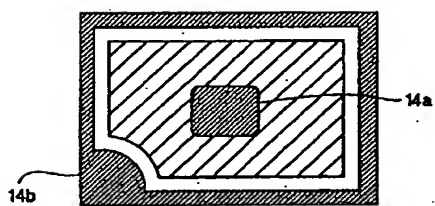
【図8A】



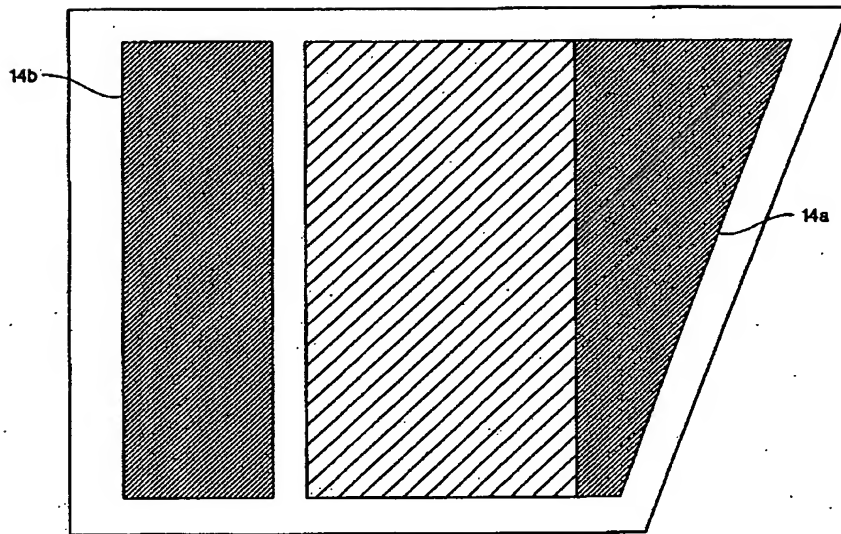
【図8B】



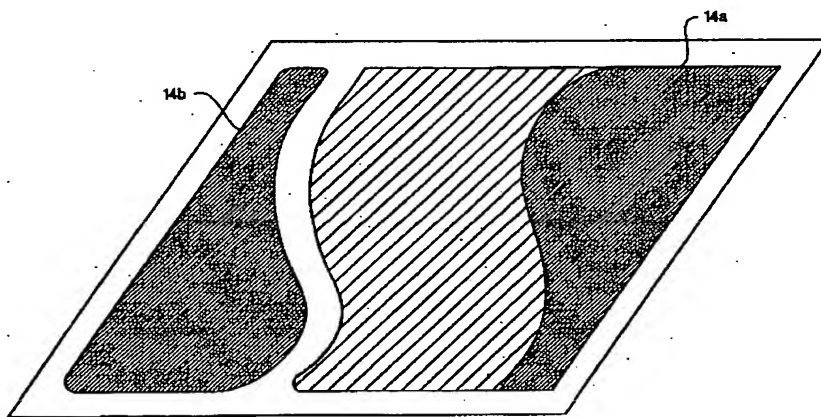
【図18】



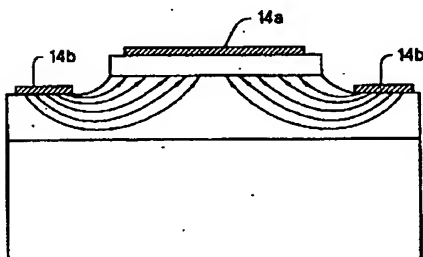
【図8D】



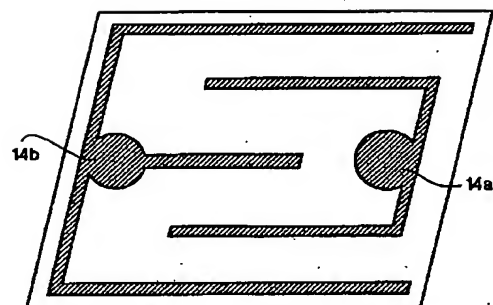
【図8E】



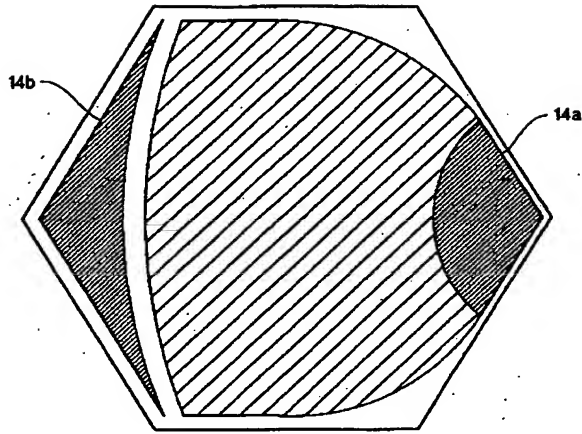
【図10】



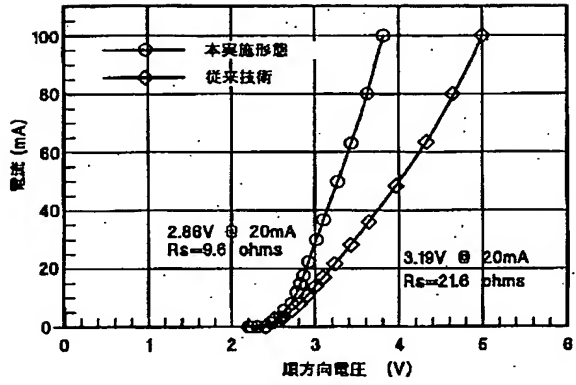
【図17B】



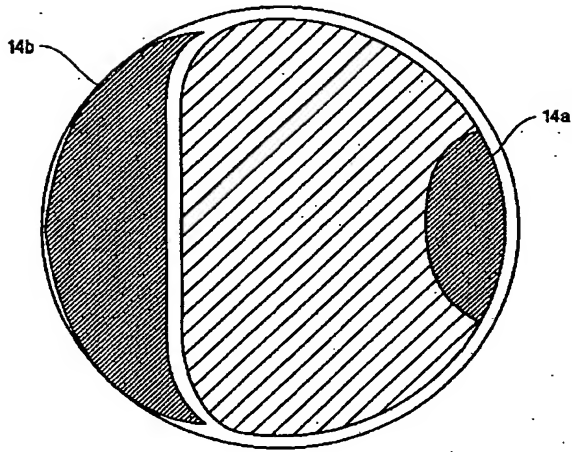
【図 8 F】



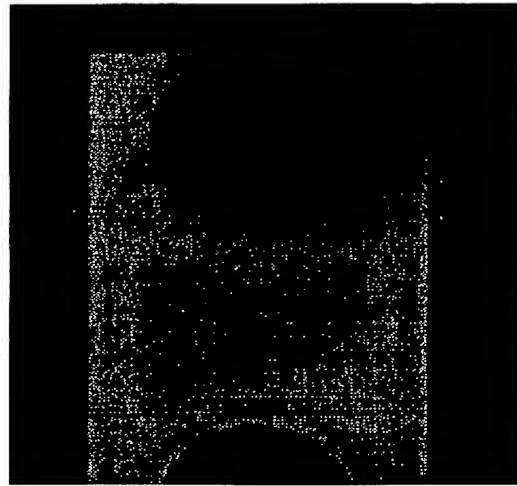
【図 11】



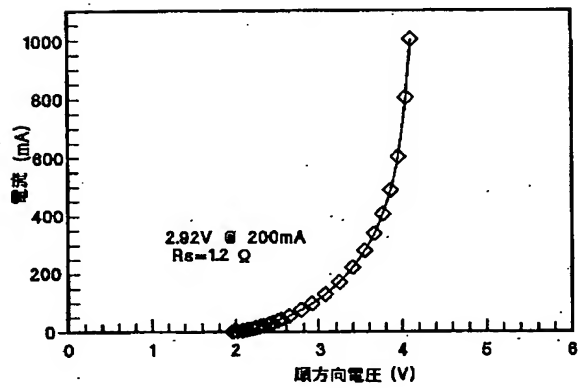
【図 8 G】



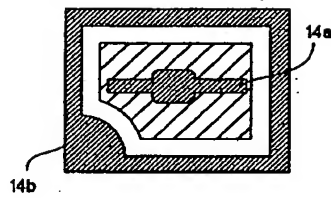
【図 12 A】



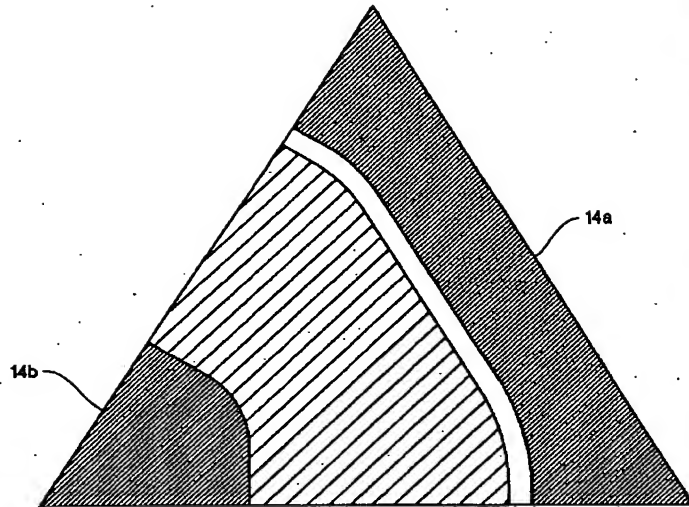
【図 15】



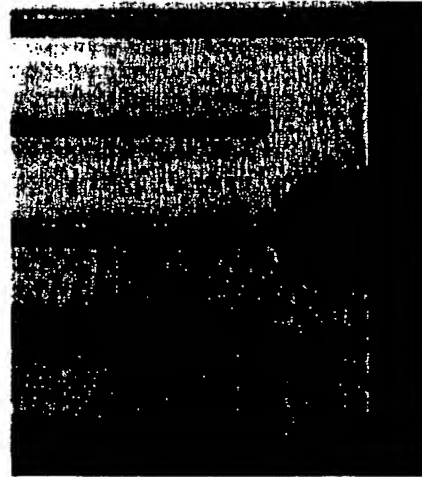
【図 21 A】



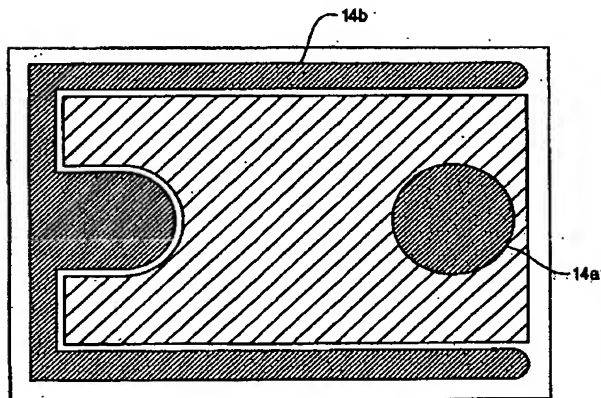
【図8H】



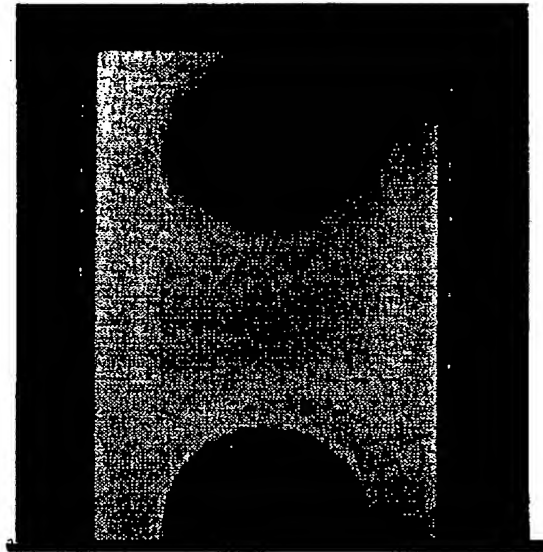
【図16】



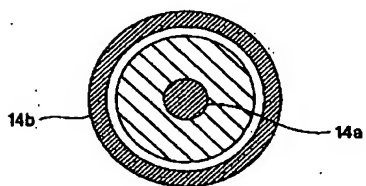
【図9】



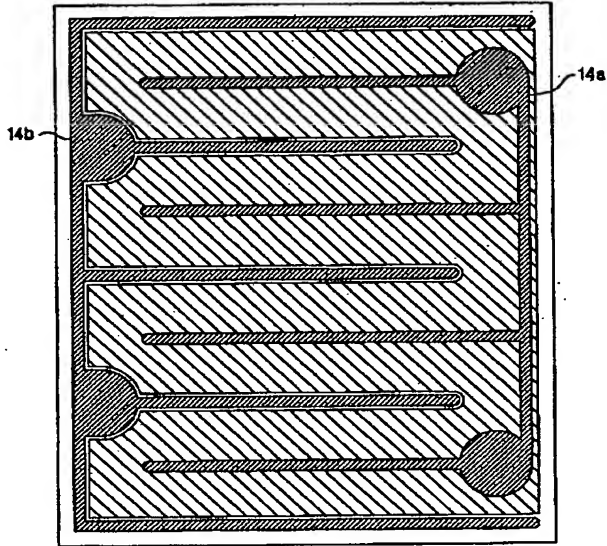
【図12B】



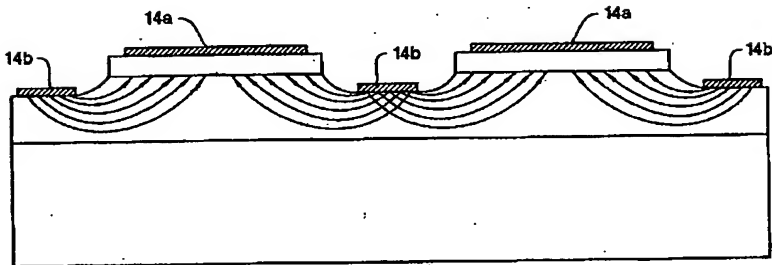
【図21B】



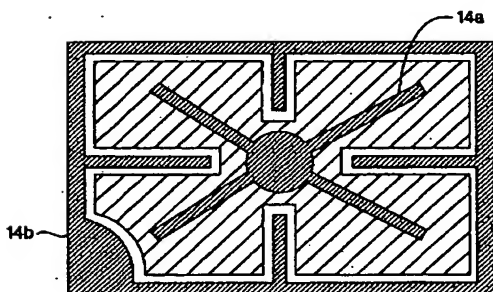
【図13】



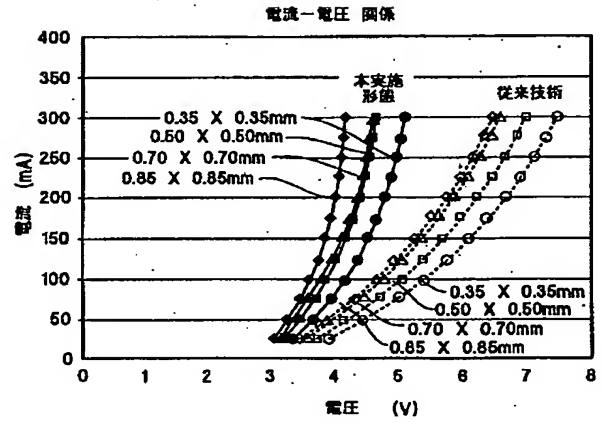
【図14】



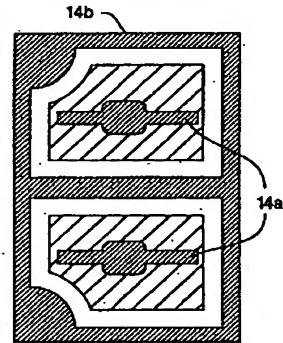
【図21C】



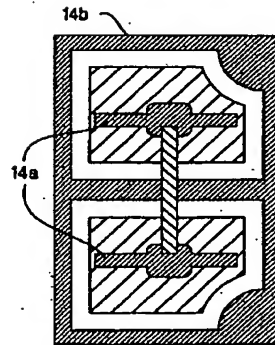
【図19】



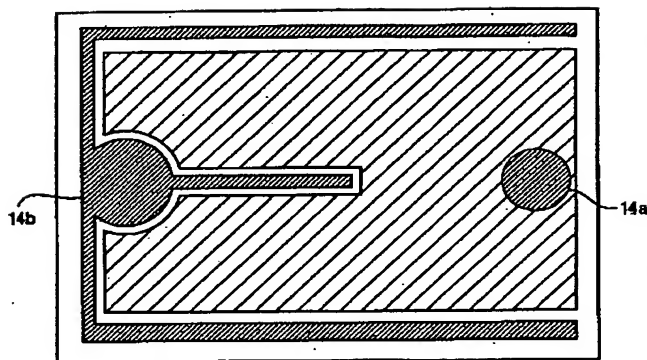
【図23A】



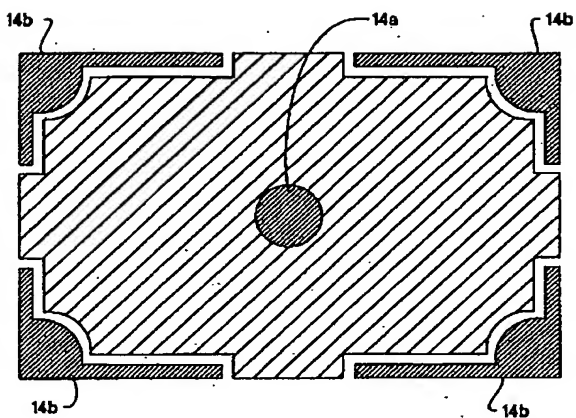
【図23B】



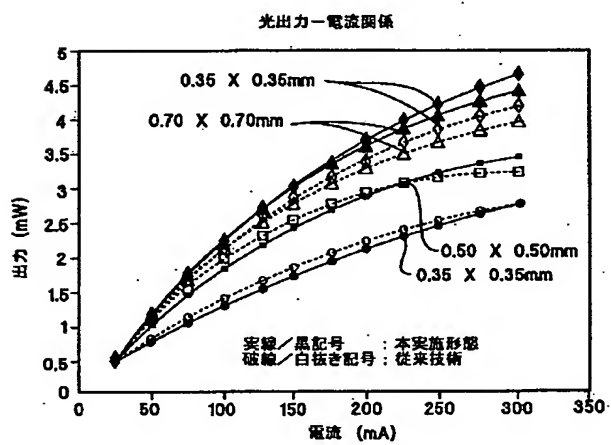
【図17A】



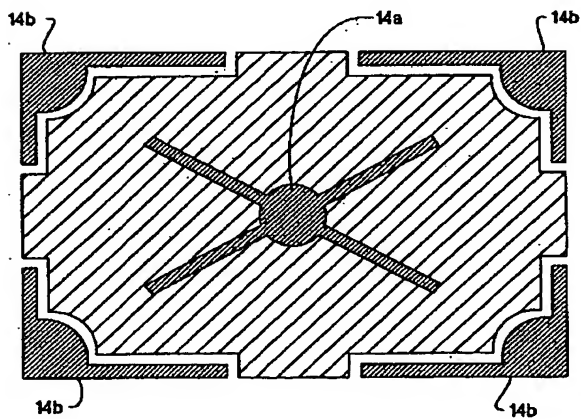
【図22A】



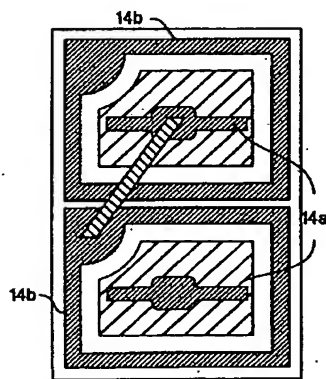
【図20】



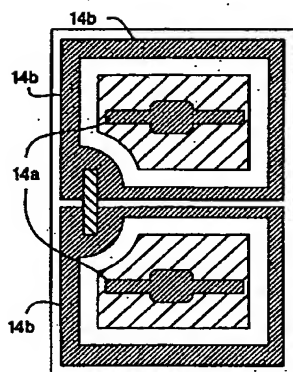
【図22B】



【図23C】



【図23D】



【手続補正書】

【提出日】平成11年12月3日(1999.12.3)

【手続補正1】

*【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図22C

*【補正方法】削除

フロントページの続き

(71)出願人 399117121

395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(72)発明者 サージ・エル・ラダス

アメリカ合衆国カリフォルニア州94086,
サニーベイル, サンセット・アベニュー・
382

(72)発明者 スティーブン・ディー・レスター

アメリカ合衆国カリフォルニア州94306,
パロアルト, マタデロ・アベニュー・829

(72)発明者 ボール・エス・マーティン

アメリカ合衆国カリフォルニア州94588,
ブレザントン, フェアオークス・ドライ
ブ・7665

(72)発明者 ウィリアム・アール・イムラー

アメリカ合衆国カリフォルニア州94602,
オークランド, ウィスコンシン・ストリー
ト・3327

(72)発明者 ロバート・エム・フレッチャー

アメリカ合衆国カリフォルニア州95126,
サンノゼ, ハダーズフィールド・コート・
1520

(72)発明者 フレッド・エイ・キッシュ, ジュニア

アメリカ合衆国カリフォルニア州95131,
サンノゼ, ニューゲート・コート・5815

(72)発明者 スティーブン・エイ・マラノウスキー

アメリカ合衆国カリフォルニア州95124,
サンノゼ, ウィロウ・クリーク・ドライ
ブ・1737